

**PRA RANCANGAN PABRIK  
ALUMINIUM OKSIDA DARI BAUKSIT DAN LARUTAN  
NATRIUM HIDROKSIDA DENGAN KAPASITAS 760.000  
TON/TAHUN**

**PERANCANGAN PABRIK**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia  
Konsentrasi Teknik Kimia**



**Oleh :**

**Nama : Rahma Deni Viona Gite**

**NIM : 16521068**

**Nama : M.Yusuf Qifari**

**NIM : 16521022**

**TEKNIK KIMIA  
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA**

**2020**

# LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

**PRA RANCANGAN PABRIK  
ALUMINIUM OKSIDA DARI BAUKSIT DAN LARUTAN NATRIUM  
HIDROKSIDA DENGAN KAPASITAS 760.000 TON/TAHUN**

**Kami yang bertanda tangan dibawah ini :**

Nama : Rahma Deni Viona Gie  
NIM : 16521068

Nama : M. Yusuf Qifari  
NIM : 16521022

**Yogyakarta, 24 Oktober 2020**

Menyatakan bahwa seluruh hasil Perancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung resiko dan konsekuensi apapun.  
Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Tanda Tangan



Rahma Deni Viona Gite

NIM : 16521068



Tanda Tangan



M. Yusuf Qifari

NIM : 16521022



**LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING**

**PRA RANCANGAN PABRIK  
ALUMINIUM OKSIDA DARI BAUKSIT DAN LARUTAN  
NATRIUM HIDROKSIDA DENGAN KAPASITAS 760.000  
TON/TAHUN**

**PERANCANGAN PABRIK**



Nama : Rahma Deni Viona Gite

Nama : M. Yusuf Qifari

NIM : 16521068

NIM : 16521022

**Yogyakarta, 24 Oktober 2020**

**Pembimbing I**

**Dulmalik, Ir., M.M.**

**Pembimbing II**

**Lucky Wahyu N. S., S.T., M.Eng.**

## LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRA RANCANGAN PABRIK ALUMINIUM OKSIDA DARI BAUKSIT  
DAN LARUTAN NATRIUM HIDROKSIDA DENGAN KAPASITAS 760.000  
TON/TAHUN

PERANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Rahma Deni Viona Gite

No. Mahasiswa : 16521068

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat untuk  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia Konsentrasi Teknik Kimia  
Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 20 November 2020

Tim Penguji

Dulmalik, Ir., M.M.  
Ketua

Dyah Retno Sawitri, S. T., M. Eng.  
Anggota I

Lilis Kistriyani, S. T., M. Eng  
Anggota II



Mengetahui :

Ketua Prodi Studi Teknik Kimia  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia



Dr. Suharno Rusdi

## LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRA RANCANGAN PABRIK ALUMINIUM OKSIDA DARI BAUKSIT  
DAN LARUTAN NATRIUM HIDROKSIDA DENGAN KAPASITAS 760.000  
TON/TAHUN

PERANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : M. Yusuf Qifari

No. Mahasiswa : 16521022

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat untuk  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia Konsentrasi Teknik Kimia  
Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 20 November 2020

Tim Penguji

Dulmalik, Ir., M.M.  
Ketua

Dyah Retno Sawitri, S. T., M. Eng.  
Anggota I

Lilis Kistriyani, S. T., M. Eng  
Anggota II



Mengetahui :

Ketua Prodi Studi Teknik Kimia  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia



Dr. Suharno Rusdi

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Wr., Wb.

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan karunia – Nya, sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Shalawat dan salam semoga selalu tercurahkan atas junjungan kita Nabi Muhammad S.A.W, sahabat serta para pengikutnya.

Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik yang berjudul “**PRA RANCANGAN PABRIK ALUMINIUM OKSIDA DARI BAUKSIT DAN NATRIUM HIDROKSIDA DENGAN KAPASITAS 760.000 TON/TAHUN**”, disusun sebagai penerapan dari ilmu teknik kimia yang telah diperoleh selama dibangku kuliah, dan merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penulisan laporan Tugas Akhir ini dapat berjalan dengan lancar atas bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan terimakasih kepada :

1. Kedua orang tua dan keluarga yang selalu memberikan dorongan semangat, motivasi, dan kasih sayang yang tak terbatas.
2. Bapak Dr. Suharno Rusdi, selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Dhulmalik, Ir., M.M. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan dan penulisan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Lucky Wahyu N. S., S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan dan penulisan Tugas Akhir ini.
5. Teman – teman saya, teman – teman Teknik Kimia 2016 dan kakak – kakak angkatan yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan doa.
6. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu yang telah membantu penyusunan Tugas Akhir ini.

Kami menyadari bahwa didalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan, untuk itu kami mengharapkan kritik dan saran untuk menyempurnakan laporan ini. Akhir kata semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak, Aamiin.

Wassalamu'alaikum Wr., Wb.

Yogyakarta, 27 Oktober 2020



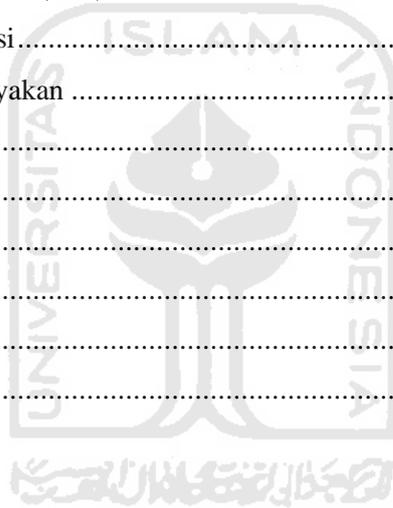
Penyusun

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL</b> .....	ii
<b>LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING</b> .....	iii
<b>LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>ABSTRAK</b> .....	xiii
<b>ABSTRACT</b> .....	xiv
<b>BAB I</b> .....	1
<b>PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik .....	1
1.2. Penentuan Kapasitas Produksi .....	2
1.2.1. <i>Supply</i> .....	2
1.2.2. <i>Demand</i> .....	5
1.2.3. Kapasitas Komersial .....	6
1.2.4. Ketersediaan Bahan Baku .....	6
1.3. Pemilihan Lokasi Pabrik .....	7
1.4. Tinjauan Pustaka .....	8
1.4.1. Data potensi bauksit daerah Riau .....	8
1.4.2. Macam – macam proses pembuatan Alumina .....	9
1.4.3. Pemilihan proses .....	13
1.4.4. Kegunaan Produk .....	15
1.4.5. Tinjauan Kinetika .....	15
1.4.6. Tinjauan Termodinamika .....	17
<b>BAB II</b> .....	20
<b>PERANCANGAN PRODUK</b> .....	20
2.1. Spesifikasi Produk .....	20
2.2. Spesifikasi Bahan Baku .....	21
2.3. Pengendalian Kualitas .....	22
2.3.1. Pengendalian Kualitas Bahan Baku .....	23

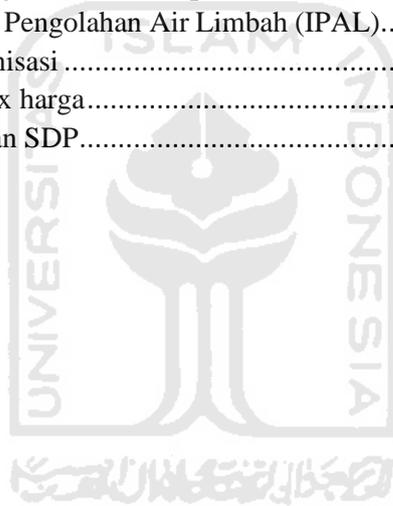
2.3.2.	Pengendalian Kualitas Proses Produksi.....	24
2.3.3.	pengendalian kualitas produk .....	26
<b>BAB III</b>	.....	28
<b>PERANCANGAN PROSES</b>	.....	28
3.1.	Uraian Proses.....	28
3.1.1.	Konsep Proses.....	28
3.1.2.	Uraian Proses Singkat .....	29
3.2.	Spesifikasi Alat.....	32
3.3.	Perencanaan Produksi .....	47
3.3.1.	Kapasitas Perancangan .....	47
3.3.2.	Analisis kebutuhan bahan baku .....	47
3.3.3.	Analisis kebutuhan alat proses.....	47
<b>BAB IV</b>	.....	48
<b>PERANCANGAN PABRIK</b>	.....	48
4.1.	Penentuan Lokasi Pabrik.....	48
4.1.1.	Faktor primer penentuan lokasi pabrik.....	48
4.1.2.	Faktor sekunder penentuan lokasi pabrik .....	49
4.2.	Tata letak pabrik .....	50
4.3.	Tata Letak Alat Proses .....	56
4.3.1.	Aliran bahan baku dan produk.....	56
4.3.2.	Lalu Lintas Alat Berat .....	56
4.3.3.	Aliran Udara .....	56
4.4.	Aliran Proses dan Material .....	59
4.4.1.	Neraca Massa Total.....	59
4.4.2.	Neraca Massa.....	60
4.4.3.	Neraca Panas.....	63
4.5.	Pelayanan Teknik Utilitas .....	67
4.5.1.	Unit Penyediaan dan Pengolahan Air.....	67
4.5.2.	Unit Kebutuhan Steam .....	85
4.5.3.	Unit Penyedia Listrik .....	85
4.5.4.	Unit Penyedia Bahan Bakar.....	88
4.5.5.	Unit Penyedia Udara Tekan.....	88
4.5.6.	Unit Pengolahan Limbah.....	88

4.5.7.	Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).....	90
4.6.	Organisasi Perusahaan .....	92
4.6.1.	Bentuk Perusahaan.....	92
4.6.2.	Struktur Organisasi Perusahaan .....	93
4.6.3.	Tugas dan wewenang .....	96
4.7.	Rencana Kerja Karyawan.....	100
4.7.1.	Jumlah Tenaga Kerja.....	104
4.7.2.	Sistem Penggajian Karyawan .....	105
4.8.	Evaluasi Ekonomi.....	111
4.8.2.	Fixed Capital Investment (FCI) .....	116
4.8.3.	Working Capital (WC) .....	116
4.8.4.	Biaya Produksi.....	116
4.8.5.	Analisis Kelayakan .....	117
<b>BAB V</b> .....		122
<b>PENUTUP</b> .....		122
5.1. Kesimpulan .....		122
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....		xv
<b>LAMPIRAN A</b> .....		xvii
<b>LAMPIRAN B</b> .....		xviii



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Proyeksi Impor Tahun 2023 .....	3
Gambar 1. 2 Peta penyebaran potensi kandungan bauksit di pulau Bintan .....	9
Gambar 4.1 Peta lokasi pabrik .....	53
Gambar 4.2 Tata Letak Pabrik Aluminium Oksida (Alumina).....	55
Gambar 4.3.Tata Letak Alat Proses.....	58
Gambar4.4. Diagram Alir Proses Kualitatif .....	65
Gambar4.5. Diagram Alir Proses Kuantitatif .....	66
Gambar4.6. Diagram Alir Unit Utilitas.....	84
Gambar 4.7. Blok diagram proses pengolahan limbah cair.....	89
Gambar 4.8. Bagan Unit Pengolahan limbah padat.....	90
Gambar 4.9. Skema Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).....	91
Gambar 4.10. Struktur Organisasi .....	95
Gambar 4.11. Tahun vs Index harga.....	113
Gambar 4.12. Grafik BEP dan SDP.....	121



## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Data Impor Aluminium Oksida di Indonesia .....	2
Tabel 1. 2 Data Produksi Aluminium Oksida di Indonesia .....	4
Tabel 1. 3 Pabrik Alumina di Luar Negeri .....	6
Tabel 1. 4 Data Cadangan Bauksit di pulau Bintan .....	9
Tabel 1. 5 Kelebihan dan Kekurangan masing – masing proses.....	14
Tabel 6 1.3. Harga Entalphy dan Energi Gibbs .....	18
Tabel 4.1 Luas daerah bangunan .....	53
Tabel 4.2. Neraca massa total.....	59
Tabel 4.3. Neraca massa Reaktor digestion (R – 1.1).....	60
Tabel 4.4. Neraca massa Reaktor digestion (R – 1.2).....	61
Tabel 4.5. Neraca massa Thickener (TH – 01).....	61
Tabel 4.6. Neraca massa Reaktor presipitation (R – 02).....	62
Tabel 4.7. Neraca massa Rotary Drum Vacum Filter (RDVF – 01).....	62
Tabel 4.8. Neraca massa Rotary Kiln (RK – 01).....	63
Tabel 4.9. Neraca panas Reaktor (R – 1.1 & R – 1.2) .....	63
Tabel 4.10. Neraca panas Thickener (TH – 01).....	63
Tabel 4.11. Neraca panas Reaktor (R – 02).....	64
Tabel 4.12. Neraca panas Rotary Drum Vacum Filter (RDVF – 01).....	64
Tabel 4.13. Neraca panas Rotary Kiln (RK – 01).....	64
Tabel 4.14. Kebutuhan Air Total .....	71
Tabel 4.15. Kebutuhan Air Make Up.....	71
Tabel 4.16. Kebutuhan Listrik Alat Proses.....	85
Tabel 4.17. Kebutuhan Listrik Utilitas .....	86
Tabel 4.18. Rincian kebutuhan listrik .....	87
Tabel 4.19. Perhitungan Jumlah Karyawan di Bagian Produksi.....	101
Tabel 4.20. Perhitungan Jumlah Karyawan di Bagian Utilitas .....	102
Tabel 4.21. Jadwal Kerja Karyawan shift .....	103
Tabel 4.22. Rincian jumlah karyawan non shift.....	104
Tabel 4.23. Rincian jumlah karyawan shift .....	105
Tabel 4.24. Rincian Gaji Karyawan Sesuai Jabatan.....	107
Tabel 4.25 Index Harga Alat .....	112
Tabel 4.26. Alat Proses .....	114
Tabel 4.27. Alat Utilitas .....	115
Tabel 4.28. Tabel Fixed Capital Investment .....	116
Tabel 4.29. Tabel Working Capital.....	116
Tabel 4.30. Tabel Total Manufacturing Cost .....	117
Tabel 4.31. Tabel General Expenses .....	117

## ABSTRAK

Pabrik *Aluminium Oksida* dirancang untuk memenuhi kebutuhan di dalam maupun di luar negeri. Kapasitas yang direncanakan dengan bahan baku *Bauksit* dan Larutan *Natrium Hidroksida* sebesar 760.000 ton/tahun. Pabrik ini beroperasi secara kontinyu selama 330 hari dalam setahun. Pabrik ini direncanakan berdiri di wilayah Pulau Bintan Kepulauan Riau, Provinsi Riau di atas tanah seluas 17.144 m<sup>2</sup>. Proses pembuatan *Aluminium Oksida* dilakukan dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB). Pada reaktor ini reaksi berlangsung pada fase padat – cair, irreversible, eksotermis, pada suhu 140 °C dan tekanan 4 atm, sehingga untuk menjaga suhu reaksi digunakan jaket pendingin.

Untuk memproduksi *Aluminium Oksida* dengan kapasitas 760.000 ton/tahun diperlukan bahan baku *Bauksit* sebesar 294.563,0053 kg/jam dan Larutan *Natrium Hidroksida* sebesar 166.793,1547 kg/jam. Utilitas pendukung proses meliputi penyediaan air proses sebesar 149.417,805 kg/jam, penyediaan udara tekan sebesar 48 m<sup>3</sup>/jam, penyediaan listrik sebesar 4.561,3153 kW diperoleh dari PLN dan 1 buah generator sebesar 6000 kW, dan kebutuhan *fuel oil* sebanyak 207,9303 liter/jam.

Dari analisis ekonomi terhadap pabrik ini menunjukkan keuntungan sebelum pajak Rp 304.872.278.096,70 /tahun setelah dipotong pajak 50% keuntungan mencapai Rp 152.436.139.048,00 /tahun. *Percent Return On Investment (ROI)* sebelum pajak 76% dan setelah pajak 38%. *Pay Out Time (POT)* sebelum pajak 1,16 tahun dan setelah pajak 2,07 tahun. *Break Even Point (BEP)* sebesar 42,27%, dan *Shut Down Point (SDP)* sebesar 32,42%.

Kata Kunci : *Aluminium Oksida, Bauksit, Natrium Hidroksida, RATB*

## ABSTRACT

*Aluminium Oxide factory is designed to meet the needs of Aluminium Oxide at home and abroad. The planned capacity is 760.000 ton/year. This plant operates continuously for 330 days a year. The plant is planned to be located in Bintan island, Riau Province on an area 17.144 m<sup>2</sup>. The process of making Aluminium Oxide is carried out in a Continuous Flow Stirred – Tank Reactor (CSTR). In this reactor the reaction takes place in the liquid – solid phase, irreversible, exothermic, isothermal at temperature of 140 °C and a pressure of 1 atm so that to maintain the reaction temperature the cooling jacket is used.*

*To produce Aluminium Oxide of 760.000 ton/year, Bauxite is needed as much as 294.563,0053 kg/hour and natrium Hidroxide is 166.793,1547 kg/hour. The process supporting capacity includes the provision of process water of 149.417,805 kg/hour, the supply of compressed air is 48 m<sup>3</sup>/hour, the supply of electricity is 4.561,3153 kW obtained from PLN and 1 generator is 6000 kW and fuel is 207,9303 liter/hour.*

*From the economic analysis of this factory, it shows a pre – tax profit of Rp 304.872.278.096,70 /year after tax deduction of 50% profit reaches Rp 152.436.139.048,00 /year. Percent Return On Investment (ROI) before tax 76% and after – tax 38%. Pay Out Time (POT) before tax 1,16 years and after – tax 2,07 years. Break Even Point (BEP) is 42,27% and Shut Down Point (SDP) is 32,42%.*

*Keywords : Aluminium Oxide, Bauxite, CSTR, Natrium Hidroxide,*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1.Latar Belakang Pendirian Pabrik**

Pembangunan sektor industri kimia ditujukan untuk meningkatkan industri yang mengolah bahan mentah menjadi bahan baku. Salah satu bahan baku yang banyak terdapat di Indonesia adalah bauksit. Diketahui saat ini Indonesia memiliki cadangan bauksit terbesar keenam di dunia. Bauksit pada umumnya banyak digunakan sebagai bahan baku pembuatan alumina, yang mana alumina nantinya menjadi bahan baku pembuatan aluminium. Di Indonesia saat ini masih mengimpor alumina dari luar Negeri tepatnya dari Australia, sedangkan Indonesia hanya mengekspor bahan mentah nya saja yaitu bauksit , dikarenakan di Indonesia masih terdapat sedikit pabrik alumina, sedangkan kebutuhan akan alumina banyak di Indonesia sehingga mengharuskan untuk mengimpor alumina ke Indonesia. Selain menjadi bahan baku pembuatan aluminium, ada banyak kegunaan alumina yaitu, sebagai adsorbent dan drying material, sebagai media pemisah unsur flour pada air minum, dan juga digunakan sebagai bahan pembuat refractory. Senyawa alumina merupakan insulator listrik yang baik karena memiliki kapasitas panas yang besar, sehingga digunakan sebagai bahan isolator suhu tinggi (Ghababazade et al., 2007).

Dari uraian di atas dapat kita ketahui bahwa sangat banyak sekali kegunaan dari alumina. Sehingga dibutuhkan lebih banyak pabrik penghasil alumina untuk memenuhi kebutuhan alumina di Indonesia. Didirikannya pabrik alumina berdasarkan beberapa pertimbangan sebagai berikut :

1. Bahan baku mudah didapat dan cukup tersedia di dalam Negeri
2. Untuk memenuhi kebutuhan alumina di dalam Negeri yang sampai saat ini masih diperoleh dari luar Negeri.

3. Beberapa aspek yang menyangkut bidang social dan ekonomi dalam pelaksanaan pabrik tersebut, antara lain:
  - a.) Dapat mengurangi ketergantungan bahan kimia dari luar Negeri
  - b.) Dapat mengurangi pengeluaran devisa Negara
  - c.) Dapat menyerap tenaga kerja baik pada waktu konstruksi maupun pada waktu pabrik beroperasi.

## 1.2. Penentuan Kapasitas Produksi

Pabrik alumina ini direncanakan akan dibangun dengan kapasitas 760.000 ton/tahun yang akan dibangun pada tahun 2023. Penentuan kapasitas ini dapat ditinjau dari

- 1.2.1. *Supply*
  - a. Impor

Suplai suatu produk diperoleh dari produksi dalam negeri dan impor produk tersebut. Data badan pusat statistic menunjukkan bahwa nilai kebutuhan impor silicon dioksida di Indonesia dari tahun 2013 – 2017 ditunjukkan pada tabel 1.1.

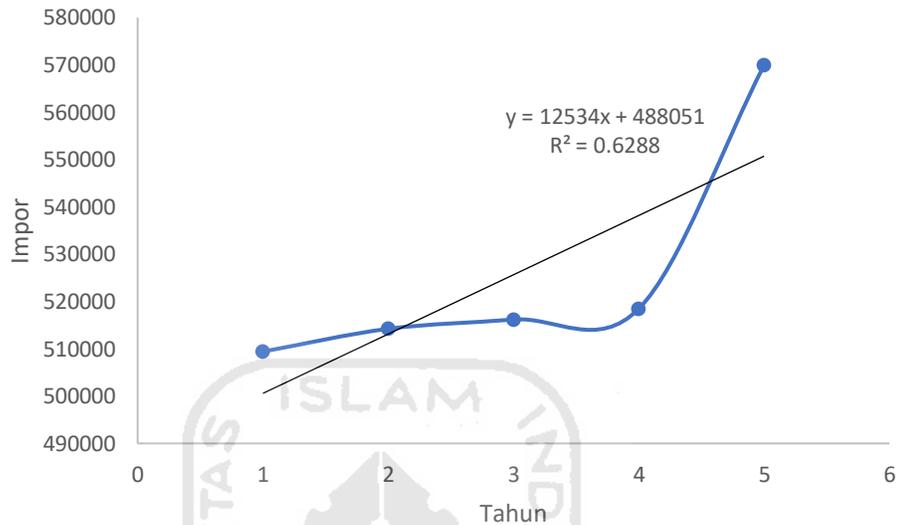
Tabel 1.1. Data Impor Aluminium Oksida di Indonesia

Tahun	Impor (Ton)	Konsumsi (Ton)
2013	509.413,1840	509.413,1840
2014	514.226,5320	514.226,5320
2015	516.189,3370	516.189,3370
2016	518.474,2270	518.474,2270
2017	569.958,4770	569.958,4770

*Sumber : (Badan Pusat Statistik, 2018)*

Berdasarkan data di atas, dapat diketahui bahwa industry di Indonesia masih membutuhkan Aluminium Oksida dari luar negeri untuk memenuhi kebutuhan bahan baku dalam usahanya. Berdasarkan data impor alumina di atas dapat di buat grafik linier antara data tahun pada sumbu x

dan data impor pada sumbu y, sehingga didapatkan grafik proyeksi linier seperti gambar 1.1.



Gambar 1.1. Proyeksi Impor Tahun 2023

Perkiraan impor Alumina di Indonesia pada tahun yang akan datang saat pembangunan pabrik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan  $y = 12.534x + 488.051$  dimana nilai x sebagai tahun dan y sebagai jumlah impor alumina.

Dengan persamaan di atas diperkirakan untuk tahun 2023 kebutuhan impor alumina di Indonesia sebesar 625.925 ton/tahun.

Didapatkan dari perhitungan berikut :

$$y = 12.534x + 488.051$$

$$y = 12.534 \times (11) + 488.051$$

$$y = 625.925$$

b. Produksi

Berikut ini adalah beberapa produsen Aluminium Oksida di Indonesia beserta kapasitas produksinya :

Tabel 1. 2 Data Produksi Aluminium Oksida di Indonesia

Nama Perusahaan	Produk	Lokasi	Kapasitas Produksi (Ton/thn)
PT. Well Harvest Winning Alumina Refinery *	SGA( <i>Semelter Grade Alumina</i> )	Kalimantan Barat	1.000.000
PT. Inalum ANTAM Alumina **	SGA( <i>Semelter Grade Alumina</i> )	Kalimantan Barat	1.000.000

\*) *PT. WHWA, 2016*

\*\*\*) *PT.Inalum, 2016*

Dengan pertimbangan data diatas, maka direncanakan pendirian pabrik Aluminium Oksida baru untuk memenuhi kebutuhan Alumina di Indonesia sehingga tidak terus bergantung pada impor Alumina dari negara lain, meningkatnya pendapatan negara karena meningkatnya jumlah produksi, serta mengurangi angka pengangguran yang cukup tinggi di Indonesia dengan terciptanya lapangan pekerjaan baru.

Berdasarkan data impor dan produksi Aluminium Oksida di Indonesia pada tahun 2023 yang telah diketahui, maka dapat ditentukan nilai supply Aluminium Oksida di Indonesia, yaitu :

$$\begin{aligned}
 \text{Supply} &= \text{Impor} + \text{Produksi} \\
 &= 525.652,34 + 2.000.000 \\
 &= 2.525.652,34 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

### 1.2.2. *Demand*

#### a. Ekspor

Nilai demand merupakan salah satu nilai yang digunakan untuk mengetahui nilai kapasitas yang diperlukan. Nilai ini akan didapatkan dari nilai ekspor dan konsumsi. Berdasarkan data yang diperoleh Indonesia belum melakukan ekspor Aluminium Oksida ke luar negeri berdasarkan data yang ada tersebut penyediaan aluminium oksida dari impor merupakan usaha untuk pemenuhan konsumsi dalam negeri.

#### b. Konsumsi

Dari data yang didapatkan diketahui bahwa jumlah konsumsi Aluminium Oksida di Indonesia sama dengan jumlah impor Aluminium Oksida di Indonesia, dan berdasarkan data pabrik alumina yang telah berdiri, juga karena alumina menjadi bahan dasar pembuatan aluminium, dan aluminium banyak diproduksi di Indonesia, maka diambil asumsi konsumsi Alumina di Indonesia adalah sebesar 1.000.000 ton/tahun.

Berdasarkan data ekspor dan konsumsi Aluminium Oksida di Indonesia, maka dapat ditentukan nilai *demand* (Permintaan) dari Aluminium Oksida di Indonesia, yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Demand} &= \text{Ekspor} + \text{Konsumsi} \\ &= 0 + 1.000.000 \text{ ton/tahun} \\ &= 1.000.000 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Berdasarkan proyeksi impor, ekspor, konsumsi, dan produksi pada tahun 2023. Maka, peluang pasar untuk Aluminium Oksida dapat ditentukan kapasitas perancangan pabrik sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Peluang} &= \text{Supply} - \text{Demand} \\ &= 2.525.652,34 \text{ ton/tahun} - 1.000.000 \text{ ton/tahun} \\ &= 1.525.652,34 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Kapasitas pabrik aluminium oksida yang akan didirikan diambil 50% dari peluang sebesar :  $50\% \times 1.525.652,34 \text{ ton/tahun} = 762.826,17 \text{ ton/tahun}$ .

Dari data dan hasil perhitungan perancangan pabrik aluminium oksida ini akan dibangun dengan kapasitas sebesar 760.000 ton/tahun.

### 1.2.3. Kapasitas Komersial

Untuk menentukan besar kecilnya kapasitas pabrik yang akan kita rancang, kita harus mengetahui dengan jelas kapasitas pabrik *Aluminium Oksida* yang sudah beroperasi di dalam negeri dan di luar negeri. Di dalam negeri pabrik *Aluminium Oksida* belum ada yang beroperasi. Sedangkan di luar negeri pabrik yang telah beroperasi dalam pembuatan *Aluminium Oksida* dapat dilihat pada Tabel 1.3.

Tabel 1. 3 Pabrik Alumina di Luar Negeri

Pabrik	Lokasi	Kapasitas Produksi (ton/tahun)
Alcoa World Aluminium oksida and Chemicals	Australia	2.400.000
Rio Tinto Alcan	Australia	1.400.000
Chinalco	China	975.000
Hindalco	India	700.000
Ewarton Alumina	Jamaica	675.000
Volkhov Alumina	Rusia	400.000

### 1.2.4. Ketersediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku sangat memengaruhi kelangsungan proses suatu pabrik. Bahan baku yang digunakan untuk pembuatan alumina adalah bauksit dan NaOH. Bauksit diperoleh dari PT Gunung Bintan Abadi, pulau

bintan Kepulauan Riau, sedangkan NaOH diperoleh dari PT. Asahimas Chemical Tbk.

Jadi kapasitas produksi pabrik alumina sebesar 760.000 ton/tahun dengan pertimbangan dari data impor alumina pada tabel 1.1 dan data pabrik Alumina di luar negeri yang sudah berdiri pada tabel 1.2. Dari data di atas dapat dilihat untuk memenuhi kebutuhan alumina sampai tahun 2017 Negara kita masih mengimpor 569.958,4770 ton / tahun dari luar negeri. Sampai saat ini baru ada dua pabrik yang menghasilkan alumina dengan kapasitas produksi yang sama yaitu 1.000.000 ton/tahun. Oleh karena itu untuk memenuhi kebutuhan alumina di Indonesia maka pabrik didirikan dengan kapasitas 760.000 ton / tahun.

### **1.3.Pemilihan Lokasi Pabrik**

Pemilihan lokasi pabrik merupakan hal yang penting dalam pendirian pabrik kimia. Karena lokasi pabrik yang sesuai akan berdampak kepada proses produk dan nilai ekonomi pabrik yang didirikan. Pabrik ini direncanakan akan didirikan di Pulau Bintan Kepulauan Riau, Provinsi Riau. Kira – kira 20 km dari kota Tanjung Pinang. Ada beberapa faktor yang menentukan pemilihan lokasi pabrik, yaitu :

#### **1. Sumber bahan baku**

Bahan baku merupakan hal yang penting bagi suatu pabrik. Karena itu sumber bahan baku merupakan salah satu faktor dalam pemilihan lokasi pabrik. Bahan baku bauksit banyak terdapat di daerah ini dan mudah didapat karena itu cocok untuk mendirikan pabrik di daerah ini sehingga pabrik bias berjalan continyu. Sedangkan bahan baku NaOH dapat diperoleh dari pabrik dalam negeri.

#### **2. Sarana transportasi**

Daerah lokasi pabrik telah tersedia jalur transportasi ,baik jalur darat maupun laut, sehingga dapat memudahkan transportasi dalam hal pengambilan bahan baku dan pemasaran produk.

3. Tenaga listrik dan bahan bakar

Dibangun pembangkit listrik khusus untuk pabrik yang digunakan untuk keperluan operasi pabrik. Sedangkan keperluan bahan bakar dapat dibeli di Pertamina terdekat.

4. Persediaan air

Daerah sekitar lokasi pabrik ini terdapat banyak sungai yang berasal dari gunung lengkuas yang dapat menyediakan air untuk keperluan pabrik maupun perumahan.

5. Pemasaran

Sebagian besar produk alumina yang dihasilkan pabrik dapat dipasarkan sebagai bahan baku aluminium di Kuala Tanjung proyek Asahan di Sumatera Utara. Dan sebagiannya lagi dapat di pasarkan di pabrik – pabrik aluminium yang membutuhkan.

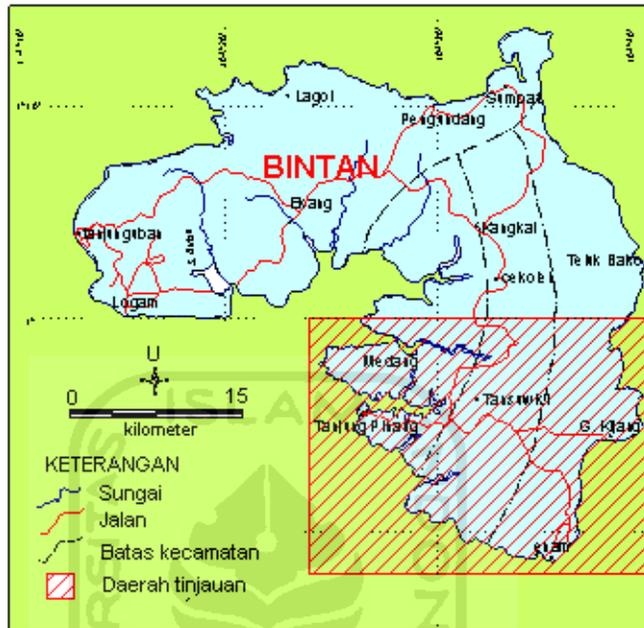
#### **1.4. Tinjauan Pustaka**

Aluminium Oksida (Alumina) adalah senyawa kimia dari aluminium dan oksigen, dengan rumus kimia  $Al_2O_3$ . Secara alami, alumina terdiri dari mineral korundum dan memiliki bentuk kristal. Senyawa ini diketahui merupakan isolator suhu tinggi, karena memiliki kapasitas panas yang besar. Alumina juga dikenal sebagai senyawa berpori sehingga dimanfaatkan sebagai adsorben. Alumina juga memiliki sifat lain yaitu tahan terhadap korosi (Ghababazade et al., 2007).

##### **1.4.1. Data potensi bauksit daerah Riau**

Pulau Bintan adalah salah satu daerah Provinsi Kepulauan Riau yang memiliki potensi tambang antara lain : granit, andesit, bauksit, serta pasir. Bauksit merupakan hasil proses pelapukan dari batuan granit yang merupakan batuan dasar yang berasal dari pulau Bintan. Bauksit merupakan salah satu hasil

tambang yang paling populer di daerah tersebut karena dinilai sangat ekonomis jika dikembangkan.



Gambar 1. 2 Peta penyebaran potensi kandungan bauksit di pulau Bintan

Penyebaran potensi kandungan bauksit di wilayah Pulau Bintan dan sekitarnya cukup besar. Daerah yang diarsir mempunyai kandungan bauksit terbanyak di Pulau Bintan. Berdasarkan data PT. Aneka Tambang kualitas cadangan bauksit dibagi menjadi 3 kategori A, B, dan C.

Tabel 1. 4 Data Cadangan Bauksit di pulau Bintan

Kelas cadangan	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>
A	>50%	6%
B	48 – 50%	6 – 13%
C	>48%	>13%

#### 1.4.2. Macam – macam proses pembuatan Alumina

Proses pembuatan Alumina secara industry ada 2 jenis :

## 1. Proses Sinter

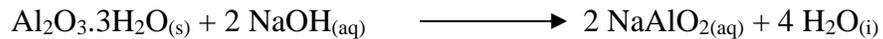
Proses ekstraksi alumina dengan mereaksikan dengan senyawa alkali adalah proses yang pertama kali ditemukan untuk mengekstraksi alumina dari bauksit. Proses sinter ditemukan oleh ilmuwan perancis Le Chatelier pada tahun 1854 yang kemudian dikembangkan oleh G. Muller pada tahun 1880 yang dinamakan proses sinter. Pada proses ini bauksit direaksikan dengan natrium karbonat ( $\text{NaCO}_3$ ) yang kemudian menjadi natrium aluminat. Proses selanjutnya adalah tahap dekomposisi alumina menggunakan karbon(karbonatasi). Alumina yang terbentuk selanjutnya melalui proses filtrasi dan kalsinasi. Proses sinter memiliki keuntungan dapat mengolah bahan baku berkualitas rendah, dan pada pengembangannya dapat menggunakan *non – bauxite* material seperti batu kapur dan tanah liat. Namun proses ini memiliki kekurangan jika menggunakan bahan baku dengan alkalinitas rendah dapat menurunkan yield, memerlukan energi yang besar dan pada saat ini natrium karbonat tidak ekonomis (Senyuta, 2013).

## 2. Proses bayer

Proses bayer pertama kali ditemukan pada tahun 1888 oleh ilmuwan Austria Karl Josef Bayer. Proses ini mengalami pengembangan di tahun 1892 dengan penggantian soda abu menjadi *pressure leaching*. Proses bayer dibagi menjadi tiga tahap yaitu tahap *digestion* (ekstraksi), tahap *precipitation* (kristalisasi), dan tahap kalsinasi (seecharran, 2010).

Pada proses bayer bahan baku yang digunakan adalah bauksit high grade yaitu bauksit yang mempunyai kadar alumina diatas 50 %. Bauksit mengandung senyawa  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$  dan sisanya  $\text{H}_2\text{O}$ . Prosentase kandungannya bervariasi secara umum adalah  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (45-65%),  $\text{SiO}_2$  (1-12%),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (2-25%),  $\text{TiO}_2$  (>3%), dan  $\text{H}_2\text{O}$  (14-36%). Senyawa  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dalam bauksit, membentuk kompleks dengan air membentuk  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (*aluminium oxide monohidrat*) dan  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  (*aluminium oxide trihidrat*) jika ditulis rata – rata adalah  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (*aluminium oxide dihidrat*) (ESDM, 2012).

Alumina (aluminium oksida) dihasilkan oleh rangkaian proses yang cukup Panjang yang disebut proses Bayer. Pertama bauksit direaksikan dengan sodium hidroksida di dalam reaktor atau *digestion* dimana *gibbsite*  $\text{Al}_2\text{O}_3$  akan terlarut membentuk sodium aluminat ( $\text{NaAlO}_2$ ). Reaksi ini dilakukan pada suhu  $140\text{ }^\circ\text{C}$  dan tekanan  $4 - 4,5\text{ atm}$ . Konversi *digestion*  $>80\%$  dengan waktu tinggal  $1,5\text{ jam}$ . Persamaan reaksi *digested* :



Sodium aluminat  $\text{NaAlO}_2$  larut pada suhu  $140\text{ }^\circ\text{C}$ , dan tekanan  $4 - 4,5\text{ atm}$ .

Kemudian  $\text{NaAlO}_2$  diendapkan di Precipitator dengan menyerap air membentuk senyawa  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  pada suhu  $60\text{ }^\circ\text{C}$ , tekanan  $1\text{ atm}$  dan konversi  $90 - 95\%$  ( Muchtar Aziz, 2013 ; Joseph L. Anjier, 1985).

Persamaan reaksi *precipitated* :



Aluminium oksida trihidrat ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) selanjutnya dipanaskan di kiln pada suhu  $1200\text{ }^\circ\text{C}$ , tekanan  $1\text{ atm}$ , konversi  $99,9\%$ . Untuk melepaskan senyawa hidrat membentuk aluminium oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) atau alumina.

Persamaan reaksi di kiln :



(Muchtar Aziz, 2013)

Proses bayer memiliki kelebihan yaitu konsumsi alumina relative rendah dibandingkan proses lain yaitu  $12\text{ GJ/ton}$  alumina sedangkan proses lainnya membutuhkan energi sebesar  $14 - 43\text{ GJ/ton}$  alumina. Dengan konsumsi energy yang rendah, proses Bayer dapat menghasilkan kemurnian alumina yang tinggi ( $>93\%$ ). Namun kekurangan dari proses bayer adalah proses bayer tidak akan ekonomis jika menggunakan bahan baku bauksit yang memiliki kadar silika yang tinggi (Senyuta, 2013).

Uraian Proses Bayer

a. Reaktor *Digestion*

Kondisi operasi reaktor adalah tekanan 4 – 4,5 atm dan suhu reaksi 140°C. Pada kondisi operasi ini akan terjadi reaksi *digested bauxite* dengan sodium hidroksida akan menghasilkan sodium aluminat dalam fase cair. Tidak ada reaksi samping yang terjadi, karena pengotor bauksit ( $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) cenderung inert.

Reaktor yang digunakan adalah reaktor alir tangki berpengaduk. Konversi mencapai 99%. Reaksi bersifat eksotermis (melepaskan panas) maka untuk menjaga suhu reaksi sekitar 140°C diberi jaket pendingin pada reaktor.

b. Thickener

*underflow* dan *overflow*. *Underflow* yang berupa residu bauksit (impuritas) turun ke bagian bawah tangki pengendap (settling tank), dan larutan sodium aluminat akan mengalami overflow pada bagian atas Deep Cone Thickener yang kemudian dialirkan ke *precipitator* untuk mengpresipitasi Hasil reaksi yang berupa *slurry* diumpankan ke dalam *thickener*. *thickener* digunakan untuk memisahkan padatan  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , dan  $\text{TiO}_2$  dari larutan sodium aluminat melalui proses sedimentasi. Hasil dari thickener ada dua yaitu Aluminium oksida trihidrat ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) dari larutan sodium aluminat.

c. Reaktor *Precipitator*

Di dalam *precipitator* larutan diturunkan suhu dan tekanan menjadi 1 atm dan 60°C. Pada suhu yang rendah ini larutan *sodium aluminate*  $\text{NaAlO}_2$  akan menyerap air dan membentuk senyawa *aluminium oxide trihydrate* ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) yang tidak larut dalam air sehingga akan mengendap menjadi padatan.

d. Rotary Drum Vacum Filter

*Slurry* yang keluar dari *precipitator* dipisahkan di *rotary drum vacuum filter* (RDVF). Diperoleh cake yang mengandung  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  dan

air serta filtrat yang mengandung *sodium hydroxide* dan air. Selanjutnya *cake* diumpankan ke dalam *rotary kiln*.

e. *Rotary kiln*

*Cake* yang keluar dari *rotary drum vacuum filter* (RDVF) yang mengandung padatan  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  dan air diumpankan ke dalam *rotary kiln* (RK). Suhu di dalam *rotary kiln* adalah  $1200\text{ }^\circ\text{C}$  dan hal ini akan menyebabkan air kompleks yang terikat dalam kristal akan lepas terurai dan menguap sehingga  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  akan berubah menjadi  $\alpha - \text{Al}_2\text{O}_3$ . Konsentrasi hasil  $\text{Al}_2\text{O}_3$  keluar *rotary kiln* sekitar 99,9%. Padatan hasil kemudian didinginkan di *rotary cooler* dan masuk pengemasan ([www.thebauxiteindex.com](http://www.thebauxiteindex.com)).

#### 1.4.3. Pemilihan proses

Proses yang dipilih dalam pembuatan alumina pada pabrik ini adalah proses bayer. Pemilihan proses ini didasarkan pada :

1. Proses bayer merupakan proses yang paling ekonomis.
2. Digunakan untuk kapasitas besar dan produk yang dihasilkan memiliki jenis Semelter Grade Alumina (SGA) atau metallurgical grade alumina yang digunakan untuk pembuatan logam aluminium.
3. Bahan baku yang digunakan dalam proses bayer memiliki kandungan bauksit tinggi dan kandungan silika rendah.
4. Pada proses bayer tidak diperlukan temperatur yang tinggi dalam proses digestion.
5. Proses bayer tidak memerlukan banyak energi sehingga biaya produksi yang dibutuhkan tidak terlalu besar.

Pemilihan proses berdasarkan kelebihan dan kekurangan masing – masing proses.

Tabel 1. 5 Kelebihan dan Kekurangan masing – masing proses

Kriteria	Macam Proses	
	Bayer	Sinter
1. Konversi	Digestion = >80% Precipitation = 95% Calcination = 99,9% ****	99% ****
2. Kapasitas	Besar ****	Besar ****
3. Bahan Baku	Bauksit, NaOH ***	<i>Fly Ash, Nepheline,</i> Bauksit **
4. Suhu Operasi	<i>Digestion</i> T = 140 oC – 260 oC <i>Precipitation</i> T = 60 oC – 80 oC <i>Calcination</i> T = 1300 oC ***	<i>Sintering</i> T = 1200 oC <i>Precipitation</i> T = 60 oC – 80 oC <i>Calcination</i> T = 1000 oC *
5. Kebutuhan Energi	Rendah ***	Tinggi *
6. Tekanan Operasi	<i>Digestion</i> P = 4 – 4,5 atm <i>Precipitation</i> P = 1 atm <i>Calcination</i> P = 1 atm	<i>Sintering</i> P = 1 atm <i>Precipitation</i> P = 1 atm <i>Calcination</i> P = 1 atm

	**	****
Jumlah	19	16

Sumber :

Keterangan : \* = Buruk  
 \*\* = Kurang Baik  
 \*\*\* = Baik  
 \*\*\*\* = Sangat Baik

Berdasarkan tinjauan secara teknis dipilih proses Bayer dalam pembuatan Alumina. Dari tinjauan proses yang telah dibuat maka dipilih proses Bayer dengan kondisi operasi pada proses Digestion sekitar 140 °C – 260 °C, tekanan P = 4 – 4,5 atm, konversi >80%, Precipitation T = 60 °C – 80 °C, P = 1 atm, konversi 95%, Calcination T = 1200 °C, P = 1 atm dan konversi 99,9%. Pada proses digestion menggunakan reaktor tangki berpengaduk, precipitation dengan reaktor alir tangki berpengaduk, dan proses kalsinasi dengan rotary kiln.

#### 1.4.4. Kegunaan Produk

Macam – macam kegunaan alumina adalah :

- 1.) Sebagai bahan baku industry logam aluminium
- 2.) Sebagai adsorbent dan drying material
- 3.) Sebagai pemisah unsur flour pada air minum
- 4.) Sebagai bahan baku pembuat katalisator
- 5.) Sebagai bahan pembuat refractory

#### 1.4.5. Tinjauan Kinetika

Ditinjau dari segi reaksi, seperti dirumuskan dalam persamaan Arhenius :

$$k = Ae^{-\frac{EA}{RT}}$$

Dimana :

k = konstanta kecepatan reaksi ( m<sup>3</sup>/kmol.menit)

A = Faktor frekuensi tumbukan ( m<sup>3</sup>/kmol.menit)

R = konstanta gas (8,314 J/mol.K)

T = Temperatur

E = Energi aktivasi

Dari persamaan diatas harga A, E, R, tetap sehingga harga k dipengaruhi oleh temperatur. Kecepatan reaksi berbanding lurus dengan temperatur, sehingga semakin tinggi temperatur maka kecepatan reaksi semakin besar. Dari kecepatan reaksi dapat diketahui harga waktu tinggal reaksi dalam reaktor.

Reaksi pembentukan NaAlO<sub>2</sub> merupakan reaksi yang terjadi antara Bauksit dan Natrium Hidroksida. Proses reaksi berlangsung secara eksotermis.

Reaksi yang terjadi :



Diketahui bahwa reaksi pembentukan NaAlO<sub>2</sub> merupakan reaksi berorde dua.

Persamaan Laju Reaksinya dapat ditulis sebagai berikut:

$$-r_A = k \cdot C_A \cdot C_B$$

$$\text{Dengan : } C_A = C_{A0}(1-X_A)$$

$$C_B = C_{B0} - X_A \cdot C_{A0}$$

Maka:

$$-r_A = k \cdot C_{A0} (1 - X_A) (C_{B0} - X_A \cdot C_{A0})$$

$$-r_A = k \cdot C_{A0}^2 (1 - X_A) (M - X_A)$$

Keterangan :

-rA = laju reaksi

k = konstanta laju reaksi

C<sub>Ao</sub> = konsentrasi sodium silikat mula – mula

C<sub>Bo</sub> = konsentrasi asam sulfat mula – mula

x = konversi Dengan nilai

k sebesar  $8,27 \times 10^{11} \exp\left(-\frac{91.467,01}{RT}\right)$  (L/mol.menit) (Jurnal Rekayasa Proses, Vol. 3, No. 2, 2009).

Dengan konversi sebesar 99% ( Joseph L. Anjier, 1985).

#### 1.4.6. Tinjauan Termodinamika

Konsep tinjauan termodinamika dari reaksi pembuatan Alumina ditinjau dari reaksi kesetimbangan. Adapun reaksi utama pembuatan alumina :



Untuk mengetahui reaksi berlangsung secara eksotermis atau endotermis dapat dihitung dengan persamaan :

$$Hr = H^\circ f(p) - H^\circ f(l) \dots \dots \dots (1)$$

Dan untuk mengetahui apakah reaksinya irreversible atau reversible ( harga K) dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$G = -RT \ln K \dots \dots \dots (2)$$

$$\frac{d \ln K}{dT} = \frac{Hr}{RT^2} \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan :

G<sup>o</sup> = Energi bebas Gibbs standar (T = 298 ) kal/mol

- Hr = Panas reaksi  
 K = Konstanta kesetimbangan  
 T = Temperatur (393 )  
 R = Tetapan gas (1,987 kal/mol)

Tabel 6 1.3. Harga Entalphy dan Energi Gibbs

Komponen	$\Delta F^0_{298}$ (kal/mol)	$\Delta H^0_{298}$ (kal/mol)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .3 H <sub>2</sub> O	-399.090	-306.6783
NaOH	-101.960	-90.600
Na <sub>2</sub> OAl <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-1.180.000	-546.445
H <sub>2</sub> O	-57.798	-54.635

(perry's & Green, ed 7, Table 2-178 Hal. 2-186)

$$\begin{aligned}
 Hr &= H^{\circ}f(p) - H^{\circ}f(l) \\
 &= [(2 \times (-1.180.000)) - (4 \times 57.798)] - [-399.090 - (2 \times 101.960)] \\
 &= [-2.360.000 - 231.192] - [-399.090 - 203.920] \\
 &= [-2.591.192] - [-603.010] \\
 &= -1.988.182 \text{ kal/mol}
 \end{aligned}$$

$\Delta Hr$  (entalphy pembentukan) menunjukkan harga negatif berarti reaksi yang terjadi eksotermis (melepaskan panas). Reaksi berlangsung pada kondisi padat cair.

$$\begin{aligned}
 G &= G(p) - G(l) \\
 &= [(2 \times (-546.445)) - (4 \times 54.635)] - [-376.780 - (2 \times 90.600)] \\
 &= [-1.092.890 - 218.540] - [-376.780 - 181.200] \\
 &= [-1.311.430] - [-557.980] \\
 &= -753.450 \text{ kal/mol}
 \end{aligned}$$

Dari persamaan (2) dapat dicari harga Ko pada T = 298

$$G = -RT \ln Ko$$

$$K_0 = e^{-\frac{G}{RT}}$$

$$K_0 = e^{\frac{753.450}{1,987 \times 298}}$$

$$K_0 = 2,445 \times 10^{-3}$$

Harga  $K_0$  masuk ke persamaan (3)

$$\frac{d \ln K}{dT} = \frac{Hr}{RT^2}$$

$$\frac{\ln K_1}{\ln K_2} = \frac{Hr}{R} \left[ \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right]$$

$$\ln K_1 = \frac{634.788}{1,987} \left[ \frac{1}{393} - \frac{1}{298} \right] + \ln 2,445 \cdot 10^{-3}$$

$$\ln K_1 = 186,358$$

$$K_1 = 8,596 \cdot 10^{80}$$

Harga  $K_1$  yang didapat sangat besar berarti reaksi yang terjadi adalah reaksi searah

(irreversible).

## BAB II

### PERANCANGAN PRODUK

Dalam perancangan pabrik yang akan dibangun maka kualitas bahan baku hingga produk harus sesuai standar yang sudah ditentukan agar hasil proses dapat maksimal. Serta ada beberapa spesifikasi pendukung yang harus disesuaikan agar kualitas produk dapat memenuhi kriteria pasaran.

#### 2.1. Spesifikasi Produk

##### 1. Alumunium Oksida

- Sifat fisis

Nama Lain	: Alumina
Rumus molekul	: $Al_2O_3$
Bentuk	: amorf
Berat Molekul	: 102
Kenampakan	: Serbuk putih
Surface Area	: 85 – 115 m <sup>2</sup> /g
Kemurnian	: 99,6 %
Densitas, g/cm	: 3,95
Specific graviy	: 3,99
Specific heat	: 0,25 Btu/lb
Termal conductivity	: 1,45 Btu/ft <sup>2</sup> ..Hr
Titik lebur, °C	: 2030 °C
Titik didih, °C	: 2,980 °C

*(Perry's & Green, 1999)*

- Sifat kimia

Ikatan pada aluminium oksida tidak murni ionic sebab ada pengutuban pada ion oksida. Alumina bersifat khas amfoter, larut dalam asam menghasilkan garam aluminium, dan dalam basa menghasilkan aluminat.

## 2.2. Spesifikasi Bahan Baku

### 1. Bauksit

- Sifat fisis

#### Komposisi

$\text{Al}_2\text{O}_3$	: 53%
$\text{SiO}_2$	: 5%
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	: 12,3%
$\text{TiO}_2$	: 1,2%
$\text{H}_2\text{O}$	: 28,5%
Total	: 100%
Rumus Molekul	: $\text{Al}(\text{OH})_3$
Bulk density crushed	: 80 lb/cuft
Ukuran Partikel	: 50 , mm
Kekerasan	: 1-3 skala Mohs
Warna	: Abu-abu, kuning, Putih
Density	: 2,5470 kg/L
Viskositas	: 0,545 cp
Kapasitas panas	: 0,80 Btu/lb °F
Spesific gravity	: 2,20 – 2,25
Titik leleh	: 2032
Titik didih	: 2210
Mudah larut dalam caustic soda (NaOH)	

*(Perry's & Green, 1999)*

- Sifat kimia

Bauksit merupakan bahan amorf seperti lempung yang terbentuk melalui pelapukan batuan silikat di bawah kondisi tropis.

## 2. Natrium Hidroksida

- Sifat fisis

Rumus Molekul	: NaOH
Berat molekul	: 40 g/mol
Jenis Fasa	: Cairan
Warna	: Bening
Kemurnian	: 48 %
Specific gravity	: 2,71
Density	: 1,180 kg/L
Viskositas	: 0,25 cp
Titik leleh	: 318,4
Titik didih	: 1390
Korosif terhadap logam dan paduannya	
Larut dalam air dan etanol	

([www.asc.co.id](http://www.asc.co.id))

- Sifat kimia

Hidrat dari NaOH mengandung 7, 5, 4, 3, 5, 3, 2, dan 1 molekul air. NaOH lebih kuat dari BaOH dan CaOH sangat basa dan banyak digunakan dalam industri kimia, terutama industri sabun dan industri kertas. Larutan NaOH sangat korosif terhadap jaringan tubuh dan terutama membahayakan mata.

### 2.3. Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas (*Quality Control*) Pada pabrik Pembuatan Alumunium Oksida (Alumina) ini meliputi pengendalian kualitas bahan baku,

pengendalian kualitas proses, dan pengendalian kualitas produk. Dan untuk memperoleh dan menjaga produk agar sesuai dengan spesifikasi yang telah direncanakan, maka produksi yang dijalankan perlu adanya pengawasan dan pengendalian produksi agar proses berjalan sesuai dengan spesifikasi yang telah direncanakan, maka produksi yang dijalankan perlu adanya pengawasan dan pengendalian produksi agar proses berjalan sesuai dengan tahap-tahap proses yang ada. Dan kegiatan proses produksi diharapkan menghasilkan produk yang memiliki mutu dan kualitas tinggi sesuai dengan standar dan jumlah produksi yang telah ditetapkan. Selain itu diharapkan pula untuk waktu pemroduksian produk berjalan sesuai dengan jadwal yang ada. Oleh karena itu, harus adanya pengendalian produksi antara lain:

#### 2.3.1. Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas dari bahan baku disini dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana kualitas yang dihasilkan bahan baku nantinya digunakan untuk membuat produk yang diinginkan. Dimana ditinjau dari beberapa pertimbangan apakah bahan baku yang ada sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan untuk proses. Oleh karena itu, sebelum dilakukan atau dimulai tahap produksi perlu dilakukan pengecekan terlebih dahulu terkait bahan baku yang akan digunakan yaitu Bauksit ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ), dan Natrium Hidroksida ( $\text{NaOH}$ ) dengan tujuan agar bahan baku yang digunakan dalam proses pembuatan alumina sesuai dengan standar.

Dan semua pengawasan terkait kualitas bahan baku dapat dilakukan menggunakan analisa di laboratorium maupun menggubakan alat kontrol. Apabila kualitas bahan baku tidak sesuai, maka bahan baku tersebut dapat dikembalikan ke penjual/*supplier*.

### 2.3.2. Pengendalian Kualitas Proses Produksi

Pengendalian proses produksi produksi pabrik terdiri dari aliran dan alat-alat yang berfungsi sebagai *system control*. Pengendalian dan pengawasan jalannya operasi dilakukan dengan alat pengendalian yang berpusat di *control room*, dilakukan dengan cara automatic control yang menggunakan indikator. Apabila terjadi kesalahan dan penyimpangan terhadap proses yang sedang berjalan pada indikator yang telah di *set* yaitu berkaitan dengan *flow rate* bahan baku maupun *temperature control*, dapat diketahui atau dapat terdeteksi dari sinyal serta tanda yang diberikan yaitu bunyi alarm, nyala lampu dan tanda-tanda lain. Dan saat terjadi penyimpangan, maka penyimpangan tersebut harus dikembalikan pada kondisi awal hal ini bisa dilakukan secara manual atau otomatis.

Beberapa alat kontrol yang dijalankan dalam proses pemroduksian pabrik yaitu, kontrol terhadap kondisi operasi yang berhubungan dengan *temperature*, tekanan dan sebagainya. Dan alat control yang harus di *set* pada kondisi tertentu yaitu sebagai berikut:

a. *flow control*

Merupakan salah satu alat yang dipasang pada aliran bahan baku, aliran masuk dan aliran keluar proses.

b. *Temperature control*

Merupakan salah satu alat yang pada umumnya *temperature control* memiliki *set point* atau batasan nilai suhu yang dimasukkan parameter di dalamnya. Dimana ketika nilai suhu benda (nilai aktual) yang diukur melebihi *set point* hanya selisih beberapa derajat saja, maka outputnya akan bekerja.

c. *pressure control*

Merupakan salah satu alat yang pada umumnya *pressure control* memiliki *set point* atau batasan nilai tekanan yang dimasukkan parameter di dalamnya. Dimana ketika nilai tekanan beda (nilai aktual)

yang diukur melebihi *set point* hanya selisih beberapa atm saja, maka outputnya akan bekerja.

d. *Weight control*

Merupakan alat yang dipasang pada bagian dinding silo. Jika belum sesuai atau melebihi berat yang telah ditetapkan atau di *set*, maka akan menimbulkan isyarat atau tanda berupa nyala lampu dan bunyi.

Pengendalian proses dilakukan terhadap kerja pada suatu harga tertentu supaya dihasilkan produk yang memenuhi standar pasar, maka pengendalian mutu dilakukan untuk mengetahui apakah bahan baku dan produk telah sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Setelah perencanaan produksi disusun dan proses produksi dijalankan perlu adanya pengawasan dan pengendalian produksi agar proses berjalan dengan baik.

Kegiatan proses produksi diharapkan menghasilkan produk yang mana mutunya sesuai dengan standar dan jumlah produksi yang sesuai dengan rencana serta waktu yang tepat. Untuk menjaga kelancaran proses, maka perlu diadakan pengawasan selama proses berlangsung dan pengawasan produk alumina pada saat berada di tangki penyimpanan (Silo produk) sebelum dilakukannya pendistribusian pada konsumen yang membutuhkan.

Dan secara umum pengendalian kualitas atau mutu proses dilakukan dengan menggunakan tiga metode antara lain :

1. Pengawasan proses secara langsung

Pada pengendalian mutu ini *team quality control* secara langsung mengawasi dari masing-masing proses, dengan cara memperhatikan perlakuan terhadap aliran bahan baku dan mesin produksi.

2. Pengawasan melalui panel kendali dan pengawasan secara otomatis

Pengendalian proses secara otomatis yang terdapat dalam mesin produksi misalnya keadaan tekanan saat terjadinya reaksi, suhu operasi reaktor, banyaknya material dalam suatu alat dan lain – lain. Apabila

terjadi penyimpangan terhadap bahan baku selama proses, maka secara otomatis mesin produksi akan berhenti.

### 3. pengawasan kondisi parameter mesin

Pada pengawasan proses dengan cara ini lebih ditekankan pada parameter-parameter mesin produksi yang sedang berjalan. Apabila tidak sesuai dengan standar maka konfigurasi mesin harus diperbaharui lagi agar sesuai dengan standar yang diinginkan.

### 2.3.3. pengendalian kualitas produk

Pengendalian untuk memperoleh produk sesuai dengan spesifikasi yang direncanakan, maka produksi yang dihasilkan perlu adanya pengawasan dan pengendalian produksi agar proses berjalan dengan baik. Kegiatan proses produksi diharapkan menghasilkan produksi yang kualitasnya sesuai dengan standar dan jumlah produksi yang dihasilkan sesuai target pabrik serta waktu yang tepat sesuai jadwal. Untuk itu perlu dilaksanakan pengendalian produksi sebagai berikut:

#### 1. Pengendalian Kualitas

Penyimpangan kualitas terjadi karena mutu bahan baku jelek, kesalahan operasi dan kerusakan alat. Penyimpangan dapat diketahui dari hasil monitor/analisa pada bagian laboratorium pemeriksaan.

#### 2. Pengendalian Kuantitas

Penyimpangan kuantitas terjadi karena kesalahan operator, kerusakan mesin, keterlambatan pengadaan bahan baku, perbaikan alat terlalu lama dan lain-lain. Penyimpangan tersebut perlu diidentifikasi penyebabnya dan diadakan evaluasi. Selanjutnya diadakan perencanaan kembali sesuai dengan kondisi yang ada

#### 3. Pengendalian Waktu

Untuk mencapai kuantitas tertentu perlu adanya waktu yang sudah ditentukan sebelumnya

4. Pengendalian Bahan Proses

Bila ingin dicapai kapasitas produksi yang diinginkan, maka bahan untuk proses harus mencukupi. Karenanya diperlukan bahan proses agar tidak terjadi kekurangan.



## BAB III

### PERANCANGAN PROSES

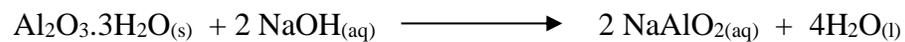
Perancangan pabrik Aluminium oksida (Alumina) ini akan didirikan dengan kapasitas produksi sebesar 760.000 ton/tahun dimana bahan baku yang digunakan dalam pembuatan produk ini berupa bauksit dan natrium hidroksida. Dan pabrik ini akan beroperasi selama 24 jam untuk setiap harinya serta operasi pertahunnya 330 hari. Untuk proses pembuatan produk yang berkualitas sesuai dengan yang ada di pasaran maka, diperlukan pemilihan proses yang tepat dan efektif agar produk memiliki kualitas tinggi.

#### 3.1.Uraian Proses

##### 3.1.1. Konsep Proses

###### 1. Dasar reaksi

Alumina diproduksi dengan mereaksikan bauksit dan larutan NaOH 48 % dalam suatu reaktor. Reaksi yang terjadi adalah reaksi eksothermis. Perbandingan mol reaktan dapat digunakan sebagai cara untuk menentukan mol reaksi mana yang stoikiometri atau reaksi yang exces. Mol ratio antara  $\text{Al}(\text{OH})_3$  dan NaOH adalah 1 : 2 dengan % kelebihan NaOH sebesar 17,5%. Reaksi pembentukan Aluminium oksida ( Alumina) adalah :

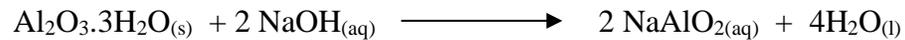


*(Kirk & Othmer, 1997)*

###### 2. Mekanisme reaksi

Mekanisme reaksi yang terjadi untuk pembentukan alumina dari bauksit dan natrium hidroksida adalah sebagai berikut :

Reaksi pembentukan Aluminium oksida ( Alumina) adalah :



### 3. Kondisi operasi

Kondisi operasi di dalam reaktor berlangsung pada tekanan 4 atm dan suhu 140 °C . konversi pembentukan alumina sebesar 99,6 % . Harga waktu tinggal untuk reaksi pembentukan alumina adalah 2 – 8 jam.

### 4. Sifat reaksi

Reaksi bersifat eksotermis ,karena  $H_R$  pada reaksi bernilai negatif. Dan reaksi bersifat irreversibel ( searah) karena harga  $K_1$  yang didapat sangat besar .

#### 3.1.2. Uraian Proses Singkat

##### 1. Persiapan Bahan Baku

Tahap persiapan bahan baku bertujuan untuk mengondisikan keadaan bahan baku bauksit dan NaOH sebelum diumpankan ke Reaktor Digestion (R-1.1 dan 1.2).

Bahan baku Bauksit yang diperoleh dari PT. Gunung bintang abadi disimpan dalam Gudang pada kondisi 30 °C dan tekanan 1 atm pada fasa padat. Bauksit siap diumpankan menggunakan Screw Conveyor lalu dinaikan menggunakan Belt conveyor kedalam Digestion (R-1.1 dan R-1.2). Digunakan screw conveyor untuk mengangkat bauksit dari gudang bauksit karena karakteristik bahan yang sesuai dengan screw conveyor ini adalah bahan yang berbentuk butiran dan pasta, dan karena bauksit yang diangkut berbentuk butiran maka digunakan screw conveyor untuk mengangkat bauksit menuju reaktor digestion. Pada penggunaan screw

conveyor juga memiliki konsekuensi terhadap padatan yang ditransportasikan yang tidak ditemui pada penggunaan belt conveyor yaitu , yang pertama bahan yang ditransfer mengalami pengecilan ukuran, kedua sudut naik (elevasi) nya terbatas, ketiga baik untuk mengangkut tepung, granular, dan gumpalan. NaOH dari PT. Asahimas Chemical disimpan dalam Tangki pada kondisi 30 °C dan tekanan 1 atm pada fasa cair. Feed NaOH dialirkan menggunakan pompa untuk terlebih dahulu dinaikkan suhunya dari 30 °C menjadi 140 °C dengan menggunakan Heater (HE). Selanjutnya, NaOH siap diumpangkan kedalam Reaktor digestion (R-1.1 dan R-1.2).

## 2. Tahap Pembentukan Alumina

Alumina dibuat dengan tiga proses, yaitu proses digestion, proses presipitation dan proses kalsination. Ketiga proses ini dilangsungkan pada tiga Reaktor yang berbeda.

Pada proses Digestion dengan Reaktor Digestion (R-1.1 dan R-1.2). bauksit dan NaOH dari tahap persiapan bahan baku diumpangkan menuju puncak Reaktor Digestion (R-1.1 dan R-1.2) reaktor yang digunakan yaitu jenis reaktor alir tangki berpengaduk. Reaktor Digestion (R-1.1 dan R-1.2) dioperasikan pada suhu 140 °C dan tekanan 4 atm. Perbandingan mol Bauksit : NaOH = 1 : 2 dan menghasilkan konversi sebesar 99%, menghasilkan Sodium Aluminat ( $\text{NaAlO}_2$ ) dalam fase cair. Tidak ada reaksi samping yang terjadi, karena pengotor dalam bauksit ( $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) cenderung inert. Reaksi bersifat eksotermis (melepaskan panas) maka untuk menjaga suhu ditambahkan jaket pendingin pada reaktor.

Hasil keluaran dari Reaktor Digestion (R-1.1 dan R-1.2) berupa larutan Sodium Aluminat ( $\text{NaAlO}_2$ ) dialirkan dengan menggunakan pompa ke Cooler untuk menurunkan suhunya menjadi 60 °C lalu selanjutnya diumpangkan ke dalam thickener. Thickener digunakan untuk memisahkan

padatan  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ , dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dari larutan Sodium Aluminat ( $\text{NaAlO}_2$ ) melalui proses sedimentasi. Aliran keluaran dari reaktor digestion akan dipisahkan secara sedimentasi antara padatan (residu bauksit) dari larutan sodium aluminat di dalam *Deep Cone Thickener*. Hasil dari thickener ada dua yaitu *underflow* dan *overflow*. *Underflow* yang berupa Residu bauksit (*impuritas*) turun ke bagian bawah tangki pengendap (*settling tank*) yang nantinya akan masuk ke unit pengolahan limbah, dan larutan sodium aluminat akan mengalami *overflow* pada bagian atas *Deep Cone Thickener* yang kemudian dialirkan ke *precipitator* untuk mengpresipitasi Aluminium oksida trihidrat ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) dari larutan sodium aluminat.

Pada proses Presipitation dengan menggunakan Reaktor Presipitation filtrat yang berupa larutan Sodium Aluminat ( $\text{NaAlO}_2$ ) dan larutan Sodium Hidroksida ( $\text{NaOH}$ ) diumpankan dengan menggunakan pompa. Pada suhu yang rendah ini sodium aluminat  $\text{NaAlO}_2$  akan menyerap air dan membentuk senyawa *aluminium oxide trihydrate* ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) yang tidak larut dalam air sehingga akan mengendap menjadi padatan.

Slurry yang keluar dari Reaktor Presipitation dialirkan dengan pompa dan air pencuci dengan pompa ke *rotary drum vaccum filter* untuk memisahkan padatan dan cairan. Diperoleh cake yang mengandung  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  dan sedikit air serta filtrat yang mengandung *sodium hydroxide* dan air. Selanjutnya cake diumpankan ke dalam *rotary kiln*.

Proses Kalsination dengan menggunakan *Rotary Kiln Cake* yang keluar dari *rotary drum vaccum filter* yang mengandung padatan  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  dan sedikit air diumpankan dengan menggunakan Belt Conveyor ke dalam rotary kiln. Suhu di dalam rotary kiln adalah  $1200^\circ\text{C}$  dan hal ini akan menyebabkan air kompleks yang terikat dalam kristal akan lepas terurai dan menguap sehingga  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  akan berubah menjadi  $\alpha$ -

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Konsentrasi hasil Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> keluar Rotary Kiln sekitar 99,9% ([www.thebauxiteindex.com](http://www.thebauxiteindex.com)).

### 3. Tahap Pemisahan dan Pemurnian Hasil

Padatan hasil dari Rotary Kiln kemudian didinginkan di rotary cooler dan Alumina keluaran rotary cooler diumpankan dengan menggunakan Screw Conveyor dan lalu dinaikan dengan Belt Conveyor masuk ke Silo produk. Digunakan rotary cooler sebagai alat pendinginan padatan alumina karena dengan menggunakan rotary cooler bias dihasilkan keluaran produk dengan suhu yang diinginkan, dan jika didinginkan secara manual tanpa menggunakan alat pendingin akan lama proses pendinginannya, sedangkan padatan keluar rotary kiln harus segera didinginkan karena jika produk tidak segera didinginkan akan menyebabkan partikel molekulnya pecah, sehingga diperlukan peran rotary cooler sebagai media pendingin. Dan juga dari segi waktu bias lebih efektif sehingga bias langsung masuk pengemasan.

## 3.2. Spesifikasi Alat

### 1. Spesifikasi Alat Penyimpanan

#### a. Tangki-01 (T-01)

Tugas	= Menyimpan bahan baku NaOH selama 7 hari
Tipe alat	= Tangki silinder vertical
Bentuk	= Bangunan persegi, tutup prisma segi empat, tangki berupa silinder tegak, tutup atas berupa <i>conical roof</i> dan tutup bawah berupa <i>plate</i>
Fasa	= Cair
Bahan Konstruksi	= <i>Stainless Steel SA 167 Grade 3 type 316</i>
Jumlah	= 4 buah
Suhu penyimpanan	= 30 °C
Tekanan Penyimpanan	= 1 atm

Kapasitas = 13.986,6 m<sup>3</sup>  
Waktu Penyimpanan = 14 hari  
Diameter tangki = 120 ft = 36,576 m  
Tinggi tangki = 45 ft = 13,716 m  
Jumlah course = 3 course

Tebal Shell setiap course :

Ts Course 1 = 0,4375 in  
Ts Course 2 = 0,375 in  
Ts Course 3 = 0,3125 in  
Tinggi Head = 5,605702 ft = 1,7086 m  
Tebal Head = 2,625 in  
Over design = 20%  
Jumlah = 4 unit  
Harga = \$ 677.302

b. Gudang-01 (GD-01)

Tugas = Tempat menyimpan bauksit (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) sebagai bahan baku selama 10 hari

Jenis alat = Gudang  
Bahan konstruksi = Beton  
Kondisi operasi = P = 1 atm T = 30 °C  
Waktu simpan = 10 hari  
Volume Gudang = 59.489,88 m<sup>3</sup>  
Panjang Gudang = 49,1840 m  
Lebar Gudang = 49,1840 m  
Tinggi Gudang = 24,5920 m  
Jumlah = 1 buah  
Harga = \$ 370.936

c. Hopper-01 (H-01)

Tugas	= Menyimpan Bauksit yang akan di umpankan ke Reaktor-01 (R-01) selama 24 jam
Jenis alat	= Silinder vertical dengan tutup aeeltas data dan bawah conis
Bahan konstruksi	= <i>Carbon Steel, SA-283 Grade C</i>
Kondisi operasi	= $P = 1 \text{ atm}$ , $T = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Waktu simpan	= 24 jam
Volume bahan	= 1.332,7859 $\text{ft}^3$
Volume Hopper	= 1.665,9825 $\text{ft}^3$
Tinggi Hopper	= 21,4278 ft = 6,53 m
Diameter Dalam	= 3,3037 m
Diameter Luar	= 3,3164 m
Diameter Bukaan	= 0,0467 m
Tebal <i>Shell</i>	= 0,25 in
Jumlah Alat	= 1 buah
Harga	= \$ 22.530
d. Silo-02 (S-02)	
Tugas	= Menyimpan produk Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )
Jenis alat	= <i>Vertical Tank, flat head with conical bottom</i>
Bahan konstruksi	= <i>Stainless Steel SA 167 grade 11</i>
Kondisi operasi	= $P = 1 \text{ atm}$ , $T = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Waktu simpan	= 7 hari
Volume bahan	= 8.006,6331 $\text{m}^3$
Diameter silo	= 13,9624 m
Jumlah Course	= 4 course
Tshell course 1	= 0,2 in
Tshell course 2	= 0,1875 in
Tshell course 3	= 0,11 in
Tshell course 4	= 0,1 in

Lebar Silo	= 13,9733 m
Jumlah	= 1 Buah
Harga	= \$ 12.543

## 2. Spesifikasi Alat Proses

### a. Reaktor-1.1 (R-1.1)

Tugas = Mereaksikan NaOH dengan Bauksit menjadi Sodium Aluminat ( $\text{NaAlO}_2$ )

Jenis alat = Reaktor Alir Tangki Berpengaduk

Bahan konstruksi = Baja *Stainless Steel*

Kondisi operasi =  $T = 140\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $P = 4\text{ atm}$

Reaktor :

Volume Reaktor = 2.968,9281 L

Diameter dalam = 1,9717 m

Diameter Luar = 1,981 m

Tebal Total = 2,611 m

Tebal Reaktor = 0,1875 in

Tutup atas dan bawah :

Jenis Tutup = *Torispheical Dished Head*

Tinggi tutup = 0,320 m

Tebal tutup = 0,25 in

Pengaduk :

Jenis = *Flat six – blade turbine*

Diameter pengaduk = 0,512 m

Panjang pengaduk = 0,128 m

Tinggi pengaduk = 0,102 m

Jumlah pengaduk = 7 buah

Power pengaduk = 50 Hp

Jaket Pendingin :

Tinggi = 0,9335 m  
Diameter = 2 m  
Jumlah Pendingin = 2.047.246,6553 Kg/jam  
Tebal = 0,25 in  
Harga = \$ 126.936

b. Reaktor-1.2 (R-1.2)

Tugas = Mereaksikan NaOH dengan Bauksit menjadi  
Sodium Aluminat ( $\text{NaAlO}_2$ )

Jenis alat = Reaktor Alir Tangki Berpengaduk

Bahan konstruksi = Baja *Stainless Steel*

Kondisi operasi =  $T = 140^\circ\text{C}$ ,  $P = 4 \text{ atm}$

Reaktor :

Volume Reaktor = 2.968,9281 L

Diameter dalam = 1,9717 m

Diameter Luar = 1,981 m

Tinggi Total = 2,611 m

Tebal Reaktor = 0,1875 in

Tutup atas dan bawah :

Jenis Tutup = *Torospherical Dished Head*

Tinggi tutup = 0,320 m

Tebal tutup = 0,25 in

Pengaduk :

Jenis = *Flat six – blade turbine*

Diameter pengaduk = 0,512 m

Panjang pengaduk = 0,128 m

Tinggi pengaduk = 0,102 m

Jumlah pengaduk = 7 buah

Power pengaduk = 50 Hp

Jaket Pendingin :

Tinggi = 0,9335 m  
 Diameter = 2 m  
 Jumlah Pendingin = 2.047.246,6553 Kg/jam  
 Tebal = 0,25 in  
 Harga = \$ 126.936

c. Reaktor-2 (R-2)

Tugas = Mereaksikan Sodium Aluminat ( $\text{NaAlO}_2$ )  
 dengan  $\text{H}_2\text{O}$  menjadi Alumina Trihidrat

Jenis alat = Reaktor Alir Tangki Berpengaduk

Bahan konstruksi = Baja *Stainless Steel*

Kondisi operasi =  $T = 60^\circ\text{C}$ ,  $P = 1 \text{ atm}$

Reaktor :

Volume Reaktor = 433.8723 L

Diameter dalam = 1,9717 m

Diameter Luar = 1,981 m

Tebal Total = 2,611 m

Tebal Reaktor = 0,1875 in

Tutup atas dan bawah :

Jenis Tutup = *Torispheical Dished Head*

Tinggi tutup = 0,320 m

Tebal tutup = 0,25 in

Pengaduk :

Jenis = *Flat six – blade turbine*

Diameter pengaduk = 0,270 m

Panjang pengaduk = 0,067 m

Tinggi pengaduk = 0,054 m

Jumlah pengaduk = 7 buah

Power pengaduk = 75 Hp

Jaket Pendingin :

Tinggi	= 0,1360 m
Diameter	= 1 m
Jumlah Pendingin	= 851.522,8581 Kg/jam
Tebal	= 0,25 in
Harga	= \$ 41.809

d. Rotary Kiln-01 (RK-01)

Tugas	= Dekomposisi Alumina Trihidrat menjadi Alumina dan H <sub>2</sub> O
Jenis alat	= <i>Direct Co Current Rotary Kiln</i>
Bahan konstruksi	= <i>Baja CarbonSteel</i>
Tekanan operasi	= 1 atm
Suhu padatan masuk	= 333 K
Suhu padatan keluar	= 1473 K
Suhu udara masuk	= 1673 K
Suhu udara keluar	= 1484 K
Diameter alat	= 0,1524 m
Panjang alat	= 91,44 m
Tenaga pemutar	= 24 rpm
Jumlah	= 1 buah
Harga	= \$ 529.229

e. Rotary Cooler-01 (RC-01)

Tugas	= Mendinginkan produk Alumina yang keluar dari <i>rotary kiln</i>
Jenis alat	= <i>Rotary Cooler</i>
Bahan konstruksi	= <i>Carbon Steel</i>
Tekanan operasi	= 1 atm
Suhu padatan masuk	= 1200 °C
Suhu padatan keluar	= 100 °C
Suhu udara masuk	= 30 °C

Suhu udara keluar	= 473,8 °C
Diameter alat	= 4,5626 m
Panjang alat	= 5,3010 m
Tenaga pemutar	= 2 rpm
Harga	= \$ 270.572

### 3. Spesifikasi Alat Perpindahan Panas

#### a. Heater-01 (HE-01)

Tugas = Memanaskan umpan NaOH masuk Reaktor digestion (R-1.1 ) dari suhu 30 °C menjadi suhu 140 °C dengan pemanas steam jenuh pada suhu 150 °C.

Jenis alat = *Shell and Tube Exchanger*

Bahan konstruksi = *Carbon Steel*

Beban panas =  $6 \times 10^7$  Kj/jam

Luas transfer panas =  $3,77 \times 10^2$  m<sup>2</sup>

Dimensi :

Tube		Shell	
Nt = 282		ID = 25 in	
OD = 1 in		L = 3,6576 m	
ID = 0,902 in		Pass (n) = 2	
Pitch = 1,25 in		ΔPs = 0,2232 Psi	
BWG = 18			
Pass (n) = 4			
Susunan pipa = <i>Triangular Pitch</i>			
ΔPt = 2,1919 Psi			
Jumlah = 1 unit			

Harga = \$ 54.584

b. Cooler-01 (CL-01)

Tugas = Mendinginkan hasil reaktor digestion (R-1.1 & R-1.2) dari suhu 140 °C menjadi suhu 60 °C dengan pendingin masuk pada suhu 30 °C keluar pada suhu 50 °C.

Jenis alat = *Shell and Tube Exchanger*

Bahan konstruksi = *Carbon Steel*

Beban panas = 177199529 kJ/jam

Luas transfer panas = 1.226,213 m<sup>2</sup>

Dimensi :

Tube

Nt = 522

OD = 1,5 in

ID = 1,4 in

Pitch = 1,25 in

BWG = 14

Pass (n) = 2

Susunan pipa = *Triangular Pitch*

Jumlah = 1

Harga = \$ 521,332

Shell

ID = 17,24997 in

L = 7,3152 m

Pass (n) = 1

4. Spesifikasi Alat Pemisah

a. Thickener

Tugas = Memisahkan NaAlO<sub>2</sub> dari padatan (red mud) yang keluar dari Reaktor digestion (R-1.1 dan R-1.2) dengan cara sedimentasi

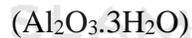
Jenis alat = *Deep Cone Thickener*

Kondisi operasi = T = 60 °C, P = 1 atm

Bahan Konstruksi	= <i>Carbon Steel SA – 285 Grade C</i>
Diameter	= 10,7652 m
Tinggi	= 21,5304 m
Kapasitas	= 2274,333 kg/hari
Jumlah	= 3
Harga	= \$ 2.000.000

b. Rotary Drum Vacum Filter-01 (RDVF-01)

Tugas = Menyaring padatan yang keluar dari Reaktor presipitasi (R-2) berupa alumina trihidrat



Jenis alat	= <i>Rotary Drum Vakum Filter</i>
Kondisi operasi	= T = 60 °C, P = 1 atm
Diameter alat	= 1,8 m
Panjang alat	= 1,2 m
Luas permukaan	= 0,2030 ft <sup>2</sup>
Daya motor	= 1403 Hp
Kecepatan putar	= 5 rpm
Jumlah	= 1 unit
Harga	= \$ 131.001

5. Spesifikasi Alat Penekan Gas

a. Blower-01 (BL-01)

Tugas	= Mengalirkan udara ke <i>Furnace</i>
Jenis alat	= <i>Centrifugal Blower</i>
Bahan Konstruksi	= <i>Carbon Steel</i>
Kapasitas blower	= 20430,63 cuft/menit
Kondisi operasi	= T = 30 °C P = 1 atm
BHP	= 12,785 Hp

Efisiensi motor = 80 %  
Daya motor = 20 Hp  
Harga = \$10,452

b. Blower-02 (BL-02)

Tugas = Mengalirkan udara ke *Rotary Cooler*  
Jenis alat = *Centrifugal Blower*  
Laju udara = 1.483.893,5927 ft<sup>3</sup>/min  
Tekanan = 3,2280 psia  
Daya motor = 1750 Hp  
Harga = \$ 10,452

6. Spesifikasi Alat Transportasi Padatan

a. Screw Conveyor-01 (SC-01)

Tugas = Mengangkut bauksit dari hopper-01 menuju reaktor digestion (R-1.1)  
Jenis alat = *Horizontal Screw Conveyor*  
Bahan Konstruksi = *Carbon steel SA-283 Grade D*  
Karakteristik bahan  
Yang diangkut = bahan yang berbentuk butiran dan pasta  
Kondisi operasi = T = 30 °C, P = 1 atm  
Kapasitas alat = 353,4756 ton/jam  
Diameter *flight* = 0,2286 m  
Diameter *shaft* = 0,0508 m  
Kecepatan putaran = 40 rpm  
Diameter bag umpan = 0,1524 m  
Panjang = 4,572 m  
Daya motor = 10 Hp  
Jumlah = 1 buah  
Harga = \$ 9.639

b. Screw Conveyor-02 (SC-02)

Tugas	= Mengangkut alumina dari <i>rotary cooler</i> (RC-01) menuju silo
Jenis alat	= <i>Horizontal Screw Conveyor</i>
Bahan Konstruksi	= <i>Carbon steel SA-283 Grade D</i>
Karakteristik bahan	
Yang diangkut	= bahan yang berbentuk butiran dan pasta
Kondisi operasi	= $T = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , $P = 1\text{ atm}$
Kapasitas alat	= 242,1794 ton/jam
Diameter <i>flight</i>	= 0,2286 m
Diameter <i>shaft</i>	= 0,0508 m
Kecepatan putaran	= 40 rpm
Diameter bag umpan	= 0,1524 m
Panjang	= 4,572 m
Daya motor	= 7,5 Hp
Jumlah	= 1 buah
Harga	= \$ 9.639

c. Belt Conveyor (BC-01)

Tugas	= Menaikan bahan baku bauksit dari screw-01 (SC-01) menuju reaktor digestion (R-1.1)
Jenis alat	= <i>Belt Conveyor Continuous Closed</i>
Bahan konstruksi	= <i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	= 353,48 ton/jam
Panjang belt	= 5 m
Lebar belt	= 0,6096 m
Tinggi belt	= 3 m
Kecepatan Normal	= 300 ft/menit
Daya motor	= 20,3 Hp

- Harga = \$ 17.536
- d. Belt Conveyor (BC-02)
- Tugas = Menaikan produk hasil RDVF-01 menuju rotary kiln (RK-01)
- Jenis alat = *Belt Conveyor Continuous Closed*
- Bahan konstruksi = *Carbon Steel SA-283 Grade C*
- Kapasitas = 336,9 ton/jam
- Panjang belt = 5 m
- Lebar belt = 0,6096 m
- Tinggi belt = 3 m
- Kecepatan Normal = 300 ft/menit
- Daya motor = 20 Hp
- Harga = \$ 17.536
- e. Belt Conveyor (BC-03)
- Tugas = Menaikan produk alumina dari screw conveyor-02 (SC- 02) menuju silo
- Jenis alat = *Belt Conveyor Continuous Closed*
- Bahan konstruksi = *Carbon Steel SA-283 Grade C*
- Kapasitas = 209,38 ton/jam
- Panjang belt = 5 m
- Lebar belt = 0,6096 m
- Tinggi belt = 3 m
- Kecepatan Normal = 300 ft/menit
- Daya motor = 21,4 Hp
- Harga = \$ 17.536

7. Spesifikasi Pompa Proses

Kode	P – 01	P - 02	P – 03
Tugas	Mengalirkan NaOH dari mobil tangki menuju tangki-01 (T-01) penyimpanan (T-01)	Mengalirkan NaOH dari tangki-01 (T-01) menuju Reaktor digestion	Mengalirkan hasil dari Reaktor Digestion (R-1.1 dan R-1.2) menuju Thickener (TH-01)
Jenis	Sentrifugal	Sentrifugal	Sentrifugal
Bahan konstruksi	Commercial Steel	Commercial Steel	Commercial Steel
Jumlah	1	1	1
D nominal, in	10	10	12
Sch. No	40	40	40
OD, in	10,75	10,75	12,750
ID, in	10,02	10,02	12
Flow area, in <sup>2</sup>	78,9	78,9	113,1
Kapasitas pompa, gpm	572,9332	630,2169	836,0512
Head pompa, m	10,4524	7,0473	4,4796
Panjang pipa, m	79	79	100
Motor standar, Hp	10	7,5	15
Kecepatan putar, rpm	2850	2850	2850
Effisiensi motor	0,87	0,84	0,86
Harga , \$	13.965	6.446	21.485

Kode	P – 04	P – 05	P - 06	P – 07
Tugas	mengalirkan hasil overflow dari Thickener menuju Reaktor Precipitation (R-02)	Mengalirkan hasil dari Reaktor-02 (R-02) menuju Rotary Drum Vacum Filter (RDVF-01)	Mengalirkan air dari bak penampung menuju Rotary Drum Vacum Filter (RDVF-01)	Mengalirkan hasil dari Rotary Drum Vacum Filter-01 (RDVF-01)
Jenis	Sentrifugal	Sentrifugal	Sentrifugal	Sentrifugal
Bahan konstruksi	Commercial Steel	Commercial Steel	Commercial Steel	Commercial Steel
Jumlah	1	1	1	1
D nominal, in	12	12	6	12
Sch. No	40	40	40	40
OD, in	12,75	12,75	6,625	12,750
ID, in	12	12	6,065	12
Flow area, in <sup>2</sup>	113,1	113,1	28,89	113,1
Kapasitas pompa, gpm	1095,2522	962,3392	298,3547	1154,5024
Head pompa, m	4,8249	3,4998	12,0560	2,2041
Panjang pipa, m	101	10	40	3
Motor standar, Hp	15	15	7,5	5
Kecepatan putar, rpm	2850	2850	2850	2850
Effisiensi motor	0,87	0,86	0,84	0,84
Harga , \$	13.429	10.206	4.942	10.421

### **3.3.Perencanaan Produksi**

#### **3.3.1. Kapasitas Perancangan**

Penentuan kapasitas perancangan suatu pabrik berdasarkan pada tingkat kebutuhan Aluminium Oksida ( Alumina ) yang ada di Indonesia, serta tersedianya bahan baku juga menentukan kapasitas minimal suatu pabrik yang akan dibangun. Dari pertimbangan yang ada menunjukkan bahwa kebutuhan akan Aluminium Oksida (Alumina) setiap tahunnya mengalami peningkatan. Oleh karena itu untuk memenuhi kebutuhan Aluminium Oksida (Alumina) dan meminimalisir nilai impor maka didirikanlah pabrik Aluminium Oksida (Alumina) dengan kapasitas 760.000 ton/tahun.

#### **3.3.2. Analisis kebutuhan bahan baku**

Analisis bahan baku berkaitan dengan ketersediaan bahan baku terhadap kebutuhan kapasitas pabrik. Bahan baku Bauksit diperoleh dari PT Gunung Bintang Abadi, pulau bintang Kepulauan Riau, sedangkan NaOH diperoleh dari PT. Asahimas Chemical Tbk.

#### **3.3.3. Analisis kebutuhan alat proses**

Dalam hal analisis kebutuhan peralatan proses ini berkaitan dengan kemampuan peralatan yang menunjang kelancaran suatu proses berdasarkan umur peralatan dan pemeliharaan alat (maintenance). Dan diharapkan dengan adanya analisis kebutuhan alat proses ini pabrik dapat mengatur anggaran dan jenis peralatan apa yang cocok digunakan untuk pembuatan produk, serta mengetahui cara perawatan untuk setiap alatnya.

## **BAB IV**

### **PERANCANGAN PABRIK**

#### **4.1. Penentuan Lokasi Pabrik**

Lokasi pabrik sangat berpengaruh terhadap kelangsungan hidup suatu pabrik, maka dalam menentukan tempat berdirinya perlu didasarkan pada perhitungan yang matang sehingga dapat menguntungkan perusahaan baik dari segi Teknik maupun ekonominya. Lokasi yang dipilih untuk pabrik Aluminium Oksida ini adalah pulau Bintan, kepulauan Riau Provinsi Riau, kira – kira 20 km dari kota Tanjung Pinang. Pemilihan tersebut bertujuan untuk mendapatkan keuntungan secara Teknik dan ekonomi. Ada beberapa faktor yang dipertimbangkan dalam pendirian pabrik Aluminium Oksida ini antara lain :

##### **4.1.1. Faktor primer penentuan lokasi pabrik**

###### **a. Lokasi yang dekat dengan sumber bahan baku**

Bahan baku pabrik Aluminium Oksida yaitu Bauksit diperoleh dari PT. Gunung Bintang Abadi yang terletak di kelurahan Tembeling Tanjung, kecamatan Teluk Bintan, kepulauan Riau. Sedangkan bahan baku NaOH diperoleh dari PT. Asahimas Chemical Tbk.

###### **b. Penyediaan utilitas**

Utilitas pabrik yang diambil dari luar terdiri dari air, listrik, dan bahan bakar. Untuk kebutuhan listrik dipenuhi dari pembangkit listrik sendiri dengan menggunakan. Untuk sarana penyediaan air berasal dari sungai enam di bintang timur yang berasal dari Gunung Lengkuas yang dapat menyediakan air untuk keperluan pabrik dan perumahan. Sedangkan bahan bakar sebagai sumber energi dapat diperoleh dari Pertamina.

c. Sarana Transportasi

Transportasi untuk memperlancar penyediaan bahan baku cukup dengan truk atau transportasi darat lainnya, dan pemipaan karena lokasinya yang dekat dengan bahan baku. Untuk pemasaran produk dapat dilakukan dengan transportasi darat dan laut.

d. Tenaga kerja

Penyediaan tenaga kerja yang berkualitas (terampil dan terdidik) untuk pengoperasian alat – alat industry harus dipertimbangkan. Untuk tenaga kerja yang berkualitas dipenuhi dari alumni perguruan tinggi seluruh Indonesia dan luar negeri. Sedangkan yang kurang terdidik dapat dipenuhi dari penduduk daerah sekitar sehingga dapat mengurangi pengangguran dan dalam perekrutan tenaga kerja tidak akan mengalami kendala.

e. Keadaan iklim

Seperti daerah lain di Indonesia, pulau Bintan memiliki keadaan cuaca tropis dengan 2 musim, dimana perubahan musim tersebut tidak terlalu mempengaruhi suhu dan kelembapan. Dari segi geografis, daerah ini memiliki syarat layak, seperti jarang mengalami bencana alam seperti banjir, tanah longsor, dan lain – lain.

4.1.2. Faktor sekunder penentuan lokasi pabrik

Dalam hal ini faktor sekunder tidak berperan secara langsung dalam operasional proses pabrik. Faktor ini akan berpengaruh terhadap kelancaran proses operasional dalam pendirian pabrik. Yang termasuk faktor sekunder terdiri dari :

a. Perluasan area pabrik

Perluasan pabrik dan kemungkinan penambahan bangunan di masa yang akan datang. Perluasan pabrik harus diperhitungkan sebelum

masalah kebutuhan tempat menjadi masalah besar di masa yang akan datang. Sejumlah area khusus harus dipersiapkan untuk perluasan pabrik jika dimungkinkan pabrik menambah kapasitas produksi atau ingin mengolah bahan baku sendiri, sehingga perlu adanya penambahan peralatan.

b. Kebijakan pemerintah

Pendirian pabrik perlu memperhatikan beberapa faktor kepentingan yang terkait didalamnya, kebijaksanaan pengembangan industri, dan hubungannya dengan pemertaan kesempatan kerja, kesejahteraan, dan hasil – hasil pembangunan. Disamping itu pabrik juga harus berwawasan lingkungan artinya keberadaan pabrik tersebut tidak boleh mengganggu atau merusak lingkungan.

c. Kemasyarakatan

Dengan masyarakat yang akomodatif terhadap perkembangan industri dan tersedianya fasilitas umum untuk hidup bermasyarakat, maka lokasi di pulau Bintan dirasa tepat. Dari pertimbangan faktor – faktor di atas, maka lokasi pendirian pabrik Aluminium Oksida di daerah pulau BIntan, Kepulauan Riau, Provinsi Riau.

d. Sarana dan prasarana sosial

Sarana dan prasarana sosial yang disediakan berupa penyediaan sarana umum seperti tempat ibadah, sekolah, rumah sakit serta adanya penyediaan bengkel industri.

#### **4.2.Tata letak pabrik**

Tata letak pabrik adalah tempat kedudukan bagian – bagian pabrik yang meliputi tempat bekerjanya karyawan, tempat peralatan, tempat penimbunan bahan, baik bahan baku maupun produk. Tata letak pabrik meliputi :

a. Tata letak bangunan

b. Tata letak alat – alat proses

Dalam merancang tata letak bangunan pabrik dan tata letak alat – alat proses harus dipertimbangkan hal – hal sebagai berikut :

1. Pengoperasian, pengontrolan, dan perbaikan semua alat proses harus mudah untuk dilakukan.
2. Segi keselamatan kerja harus diperhatikan.
3. Penempatan alat harus seefisien mungkin.
4. Distribusi utilitas yang ekonomis.
5. Pemipaan dan sarana transportasi dalam pabrik harus dilakukan sedemikian rupa, sehingga tidak ada tabrakan atau kecelakaan yang lain.
6. Alat – alat proses dikelompokkan kedalam unit – unit proses, sehingga bila terjadi kecelakaan pada suatu alat, tidak akan merambat keseluruhan alat proses. Unit – unit alat dikelompokkan dalam suatu blok dan dipisahkan oleh jalan.
7. Setiap unit harus dapat dicapai paling sedikit dua jalan pabrik.
8. Jarak jalan dengan alat proses harus cukup lebar, sehingga menghindari tabrakan dengan arus lalu lintas kendaraan yang lewat didaerah tersebut.
9. Jarak antar tanki penyimpanan minimal sama dengan satu kali diameter tanki yang besar.
10. Unit utilitas ditempatkan terpisah dari proses, sehingga dapat menjamin operasi yang aman.
11. Peralatan diletakkan tidak menumpuk, sehingga memudahkan perawatan dan pemeliharaan alat – alat tersebut.
12. Bangunan kantor dan fasilitas administrasi didirikan cukup jauh dari area proses.
13. Disediakan daerah untuk perluasan pabrik bila diperlukan di kemudian hari.
14. Fasilitas perumahan didirikan terpisah dari lokasi pabrik, agar kenyamanan keluarga karyawan terjamin.
15. Pendayagunaan pemakaian mesin, tenaga kerja dan fasilitas produksi.

Secara garis besar tata letak pabrik dibagi menjadi beberapa bagian utama, yaitu :

1. Bagian administrasi/perkantoran, laboratorium dan ruang *control*

Daerah administrasi merupakan kegiatan administrasi pabrik, sedangkan daerah laboratorium dan ruang control merupakan pusat pengendalian proses, kualitas dan kuantitas bahan yang akan diproses serta produk yang akan dijual.

2. Bagian proses

Daerah proses merupakan tempat alat – alat proses diletakkan dan proses berlangsung.

3. Bagian pergudangan dan bengkel

Daerah Gudang merupakan tempat penyimpanan bahan kimia pendukung proses, barang dan suku cadang alat proses. Bengkel digunakan untuk perbaikan alat – alat dan pembuatan alat – alat penunjang proses.

4. Bagian utilitas

Daerah utilitas merupakan daerah dimana terjadi kegiatan penyediaan sarana pendukung proses.

5. Bagian fasilitas umum

Fasilitas umum merupakan daerah penunjang segala aktivitas pabrik dalam pemenuhan kepentingan pekerja seperti tempat parkir, masjid, dan kantin.

6. Bagian pengolahan limbah

Daerah pengolahan limbah merupakan daerah pembuangan dan pengolahan limbah yang berasal dari aktivitas pabrik. Daerah ini ditempatkan di tempat yang jauh dari bangunan kantin, poliklinik, masjid, dan daerah administrasi.

(Vilbrant, 1959)

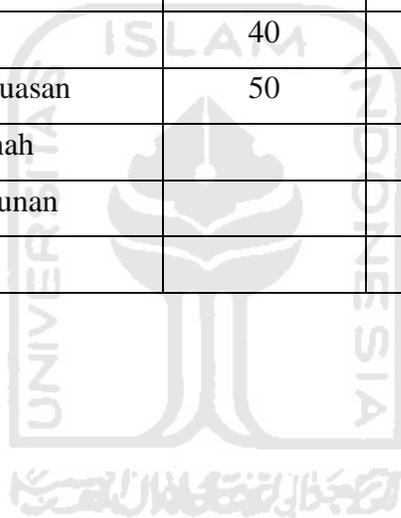


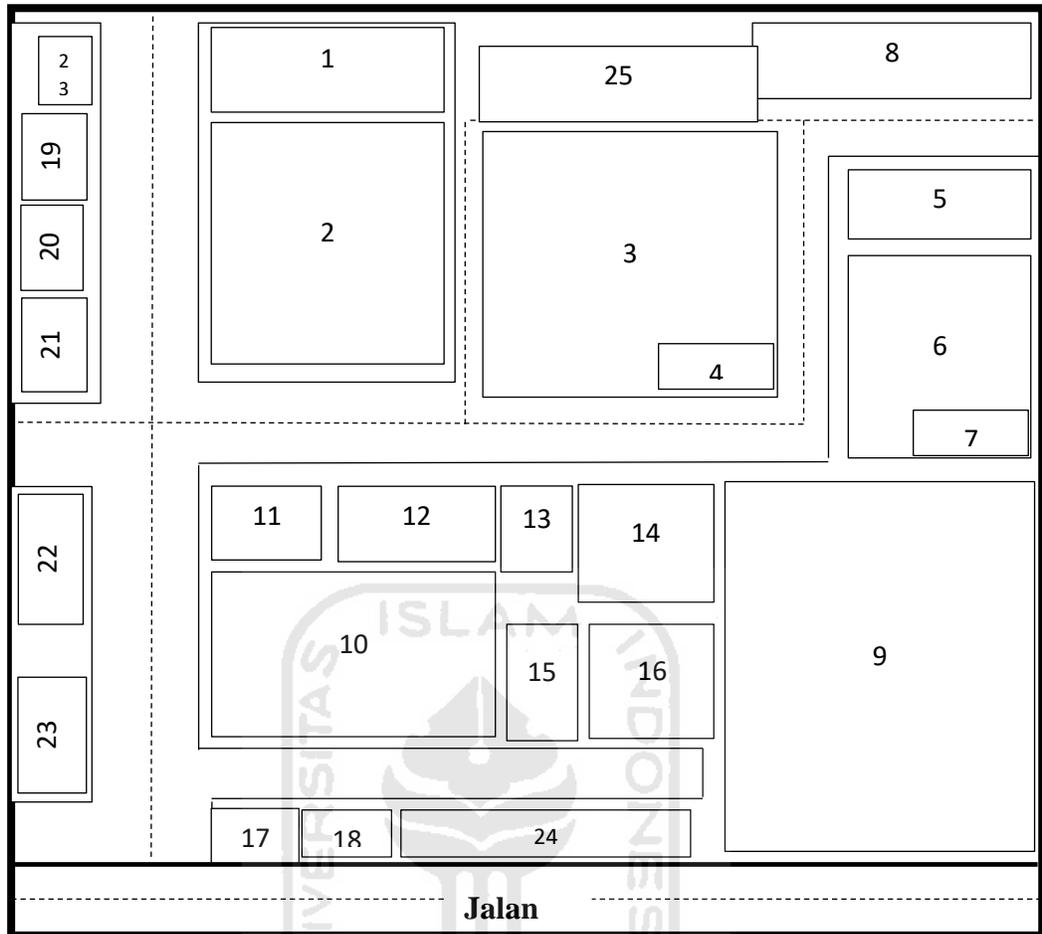
Gambar 4.1 Peta lokasi pabrik

Tabel 4.1 Luas daerah bangunan

No	Bangunan	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m <sup>2</sup> )
1	Area Proses	90	52	5044
2	Area Utilitas	70	55	3850
3	Bengkel	20	10	200
4	Gudang Peralatan	20	15	300
5	Kantin	10	10	100
6	Kantor Teknik dan Produksi	20	15	300
7	Kantor Utama	20	15	300
8	Laboratorium	50	20	1000
9	Parkir Utama	20	20	400
10	Parkir Truk	30	20	600

11	Perpustakaan	10	8	80
12	Poliklinik	10	10	100
13	Pos Keamanan	4	5	20
14	<i>Control Room</i>	10	15	150
15	<i>Control Utilitas</i>	10	10	100
16	Area Mess	40	20	100
17	Masjid	20	10	200
18	Unit Pengolahan Limbah	20	30	600
19	Unit Pemadam Kebakaran	10	10	100
20	Taman	20	30	600
21	Jalan	40	20	800
22	Daerah Perluasan	50	30	1500
	Luas Tanah			17144
	Luas Bangunan			14244
	Total		298	31388





**SKALA 1: 1000**

Gambar 4.2 Tata Letak Pabrik Aluminium Oksida (Alumina)

- |                            |                   |                     |
|----------------------------|-------------------|---------------------|
| 1. Area Loading            | 9. Area Perluasan | 17. Pos Satpam      |
| 2. Area Tangki             | 10. Kantor Utama  | 18. Parkir Utama    |
| 3. Area Proses             | 11. Masjid        | 19. Gudang          |
| 4. <i>Control Room</i>     | 12. Kantin        | 20. Damkar          |
| 5. Laboratorium            | 13. Poliklinik    | 21. Bengkel         |
| 6. Area Utilitas           | 14. Kantor T & P  | 22. Parkir Karyawan |
| 7. <i>Control Utilitas</i> | 15. Pusdiklat     | 23. Parkir Tamu     |
| 8. UPL                     | 16. Perpustakaan  | 24. Taman           |
|                            |                   | 25. Parkir Truk     |

### **4.3.Tata Letak Alat Proses**

Tata letak alat proses adalah tempat kedudukan alat – alat yang digunakan untuk proses produksi. Tata letak alat proses harus dirancang sedemikian rupa sehingga kelancaran proses produksi dapat terjamin, penggunaan luas lantai dapat lebih efektif, keselamatan dan kenyamanan kerja karyawan dapat ditingkatkan, biaya penanganan material menjadi rendah dan turunnya atau terhindarnya pengeluaran untuk kapital yang tidak penting. Jika tata letak alat proses disusun sedemikian rupa sehingga urutan proses produksi lancar. Dalam perencanaan tata letak peralatan proses pada pabrik ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan yaitu :

#### **4.3.1. Aliran bahan baku dan produk**

Kelancaran dan keamanan produksi, serta keuntungan ekonomis yang besar dapat dicapai dengan adanya aliran bahan baku dan produk tetap. Yang perlu diperhatikan adalah elevasi pipa, untuk pipa diatas tanah perlu dipasang pada ketinggian 3 meter atau lebih, sedangkan untuk pemipaan pada permukaan tanah diatur sedemikian rupa sehingga lalu lintas pekerja tidak terganggu oleh hal – hal tersebut.

#### **4.3.2. Lalu Lintas Alat Berat**

Hendaknya diperhatikan jarak antar alat dan lebar jalan agar seluruh alat proses dapat dicapai oleh pekerja dengan cepat dan mudah supaya jika terjadi gangguan alat proses dapat segera diperbaiki. Selain itu keamanan pekerja selama tugas harus diprioritaskan.

#### **4.3.3. Aliran Udara**

Aliran udara didalam dan sekitar area proses perlu diperhatikan supaya lancar. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat yang dapat mengakibatkan akumulasi bahan kimia yang berbahaya sehingga dapat membahayakan keselamatan pekerja.

1. Cahaya

Penerangan seluruh pabrik harus memadai dan pada tempat – tempat proses yang berbahaya dan beresiko tinggi perlu diberikan penerangan tambahan.

2. Lalu lintas manusia

Dalam perancangan lay out, perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan tepat dan mudah supaya apabila ada gangguan alat proses dapat segera diperbaiki. Selain itu keamanan pekerja selama menjalankan tugasnya juga perlu diperhatikan.

3. Jarak antar proses

Untuk alat proses yang mempunyai temperature dan tekanan operasi yang tinggi, sebaiknya dipisahkan dari alat – alat proses lainnya sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut tidak membahayakan alat -alat proses lainnya.

4. Pertimbangan ekonomi

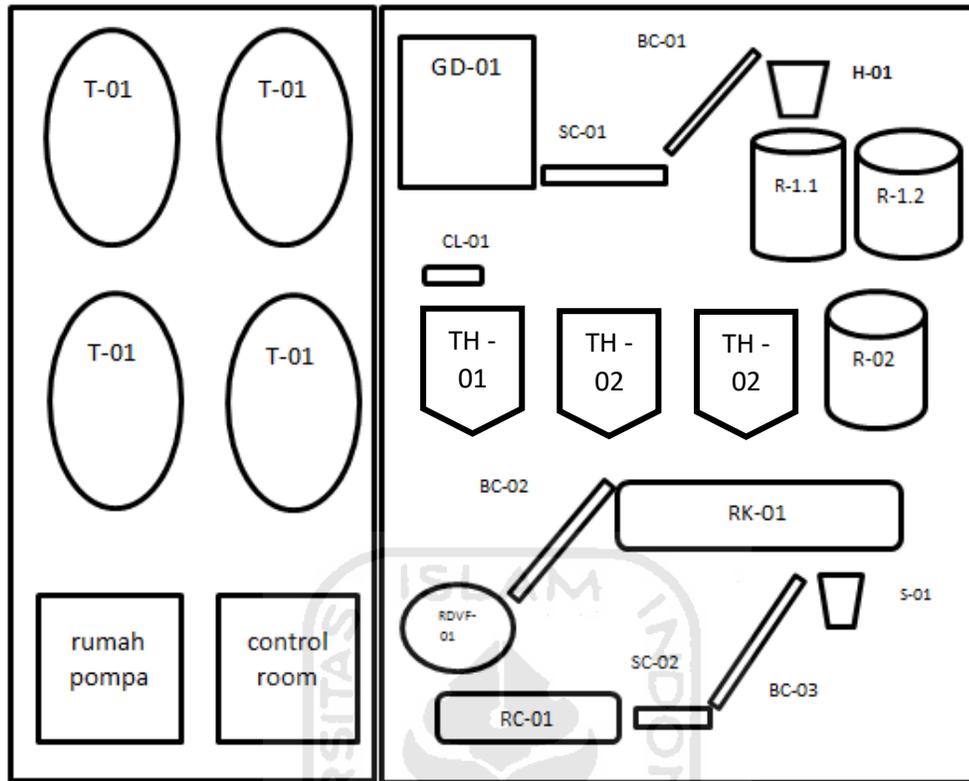
Dalam menempatkan alat – alat proses pada pabrik diusahakan agar dapat menjamin kelancaran serta keamanan produksi pabrik sehingga dapat menguntungkan dari segi ekonomi.

5. Jarak antar alat proses

Untuk alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan operasi tinggi sebaiknya dipisahkan dengan alat proses lainnya, sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut maka kerusakan dapat meminimalkan.

*(Vilbrant, 1959)*

Tata letak alat proses harus dirancang sedemikian rupa sehingga kelancaran proses produksi dapat terjamin dan dapat mengefektifkan luas lahan yang tersedia.



SKALA 1 : 500

Gambar 4.3. Tata Letak Alat Proses

Keterangan :

- |                      |                             |             |                    |
|----------------------|-----------------------------|-------------|--------------------|
| 1. R – 1.1 & R – 1.2 | : Reaktor Digestion         | 11. H – 01  | : Hopper           |
| 2. R – 02            | : Reaktor Presipitation     | 12. S – 01  | : Silo Produk      |
| 3. RK – 01           | : Rotary Kiln               | 13. HE – 01 | : Heater 1         |
| 4. RC – 01           | : Rotary Cooler             | 14. CL – 01 | : Cooler 1         |
| 5. TH – 01           | : Thickener 1               | 15. SC – 01 | : Screw Conveyor 1 |
| 6. TH – 02           | : Thickener 2               | 16. SC – 02 | : Screw Conveyor 2 |
| 7. TH – 03           | : Thickener 3               | 17. BC – 01 | : Belt Conveyor 1  |
| 8. RDVF – 01         | : Rotary Drum Vacum Filter  | 18. BC – 02 | : Belt Conveyor 2  |
| 9. T – 01            | : Tangki Natrium Hidroksida | 19. BC – 03 | : Belt Conveyor    |
| 10. GD – 01          | : Gudang Bauksit            |             |                    |

#### 4.4. Aliran Proses dan Material

Neraca Massa dan Neraca Panas

Produk : Aluminium Hidroksida

Kapasitas Perancangan : 760.000 ton/tahun

Waktu operasi selama 1 tahun : 330 hari

Waktu operasi selama 1 hari : 24 jam

##### 4.4.1. Neraca Massa Total

Tabel 4.2. Neraca massa total

NO	KOMPONEN	Arus (Kg/Jam)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	156087		156,09	155,93	0,15609	308743		308434
2	$\text{SiO}_2$	14725		14725	14710	14,7252	14,7252		
3	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	36224		36224	36188	36,2239	36,2239		
4	$\text{TiO}_2$	3534		3534	3530,5	3,53404	3,53404		
5	$\text{H}_2\text{O}$	83934	86715	242616	2872,9	239744	97246,9	51797,9	16233,4
6	NaOH		80045	80,045		80,0445	158410		
7	$\text{NaAlO}_2$			163927		163927	3278.54		
8	$\text{Al}_2\text{O}_3$								
9	Udara								
Jumlah :		294504	166759	461263	57457,5	403806	567733	51797,9	324668

NO	KOMPONEN	Arus (Kg/jam)							
		9	10	11	12	13	14	15	17
1	Al <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .3H <sub>2</sub> O	308,743			308,434				308,434
2	SiO <sub>2</sub>	14,7252							
3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	36,2239							
4	TiO <sub>2</sub>	3,53404							
5	H <sub>2</sub> O	158410				122892			
6	NaOH	3278,54							
7	NaAlO <sub>2</sub>	132811							
8	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>				201467				201467
9	Udara		39413,6	39413,6			29441,1	29441,1	
Jumlah :		294863	39413,6	39413,6	201775	122892	29441,1	29441,1	201775

#### 4.4.2. Neraca Massa

##### 1. Reaktor Digestion (R – 1.1)

Tabel 4.3. Neraca massa Reaktor digestion (R – 1.1)

Komponen	BM	Masuk		Keluar
		feed (Kg/jam)		feed (Kg/jam)
		Arus 1	Arus 2	Arus 3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .3H <sub>2</sub> O	156	156086,8605	0,0000000	15608,6860
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	159,69	36223,93177	0,0000000	36223,93177
TiO <sub>2</sub>	79,9	3534,042124	0,0000000	3534,042124
SiO <sub>2</sub>	60,08	14725,17551	0,000000	14725,17551
H <sub>2</sub> O	18	83933,50043	86714,9225	235484,5034
NaOH	40	0,0000000	80044,54382	8004,45438
NaAlO <sub>2</sub>	82	0,0000000	0,000000	147682,1834
		294503,5103	166759,46630	461262,9766

2. Reaktor Digestion (R – 1.2)

Tabel 4.4. Neraca massa Reaktor digestion (R – 1.2)

Komponen	BM	Masuk	Keluar
		feed (Kg/jam)	feed (Kg/jam)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .3H <sub>2</sub> O	156	15608,6860	156,0869
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	159,69	36223,93177	36223.93177
TiO <sub>2</sub>	79,9	3534,042124	3534,042124
SiO <sub>2</sub>	60,08	14725,17551	14725,17551
H <sub>2</sub> O	18	235484,5034	242616,4723
NaOH	40	8004,45438	80,04454
NaAlO <sub>2</sub>	82	147682,1834	163927,2235
Total		461262,9766	461262,9766

3. Thickener (TH – 01)

Tabel 4.5. Neraca massa Thickener (TH – 01)

Komponen	Masuk	Keluar	
	feed (Kg/jam)	feed (Kg/jam)	
	Arus 3	Arus 5	Arus 4 ( buangan)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .3H <sub>2</sub> O	156,0869	0.1561	155.9308
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	36223,93177	36.22393177	36187.70783
TiO <sub>2</sub>	3534,042124	3.534042124	3530.508081
SiO <sub>2</sub>	14725,17551	14.72517551	14710.45034
H <sub>2</sub> O	242616,47226	239743.5987	2872.873528
NaOH	80,044544	80.04454	0.0000000
NaAlO <sub>2</sub>	163927,22352	163927.2235	0.0000000
	461262,9766	403805.5060	57457.4706

#### 4. Reaktor Presipitation (R – 02)

Tabel 4.6. Neraca massa Reaktor presipitation (R – 02)

Komponen	BM	Masuk	Keluar
		feed (Kg/jam)	
		Arus 5	Arus 6
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .3H <sub>2</sub> O	156	0,1561	308743,0878
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	159,69	36,22393177	36,22393177
TiO <sub>2</sub>	79,9	3,534042124	3,534042124
SiO <sub>2</sub>	60,08	14,72517551	14,72517551
H <sub>2</sub> O	18	239743,59873	97246,86102
NaOH	40	80,044544	158409,75312
NaAlO <sub>2</sub>	82	163927,22352	3278,5445
		403805,5060	567732,7296

#### 5. Rotary Drum Vacum Filter (RDVF – 01)

Tabel 4.7. Neraca massa Rotary Drum Vacum Filter (RDVF – 01)

Komponen	Masuk		Keluar	
	feed (Kg/jam)		feed (Kg/jam)	
	Arus 6	Arus 7	Arus 8(Buangan)	Arus 9
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .3H <sub>2</sub> O	308743,0878	0,0000000	308,7431	308434,3447
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	36,22393177	0,0000000	36,22393	0,000000
TiO <sub>2</sub>	3,534042124	0,0000000	3,53404	0,000000
SiO <sub>2</sub>	14,72518	0,00000	14,72518	0,000000
H <sub>2</sub> O	97246,86102	51797,9284	158409,7531	16233,38656
NaOH	158409,75312	0,0000000	3278,54447	0,0000000
NaAlO <sub>2</sub>	3278,54447	0,000000	132811,4028	0,0000000
	567732,7296	51797,92835	294862,9266	324667,7313

6. Rotary Kiln (RK – 01)

Tabel 4.8. Neraca massa Rotary Kiln (RK – 01)

Komponen	Masuk	Keluar	
	feed (Kg/jam)	feed (Kg/jam)	
	Arus 9	Arus 10	Arus 11
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .3H <sub>2</sub> O	308434,3447	308,4343	0,0000
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00000	201466,94140	0,00000
H <sub>2</sub> O	16233,3866	0,0000	122892,35554
	324667,7313	201775,3757	122892,3555

4.4.3. Neraca Panas

1. Reaktor (R – 1.1 & R – 1.2)

Tabel 4.9. Neraca panas Reaktor (R – 1.1 & R – 1.2)

komponen	Q masuk (J/jam)	Q keluar (J/jam)
Q1	3,49E+14	
Q2	1,70148E+15	
Q3		2,30133E+16
Q steam	2,10E+16	
Jumlah	2,30E+16	2,30133E+16

2. Thickener (TH – 01)

Tabel 4.10. Neraca panas Thickener (TH – 01)

komponen	Q masuk (J/jam)	Q keluar (J/jam)
Q4	2,30E+16	
Q5	3,31878E+14	
Q6		3,58E+13
Q7		6,87859E+15
Q steam	-1,64E+16	
Jumlah	6,91E+15	6,91444E+15

3. Reaktor (R – 02)

Tabel 4.11. Neraca panas Reaktor (R – 02)

komponen	Q masuk (J/jam)	Q keluar (J/jam)
Q8	6,88E+15	
Q9	0	-1,10E+15
Q steam	-7,98E+15	
Jumlah	-1,10E+15	-1,09833E+15

4. Rotary Drum Vacum Filter (RDVF – 01)

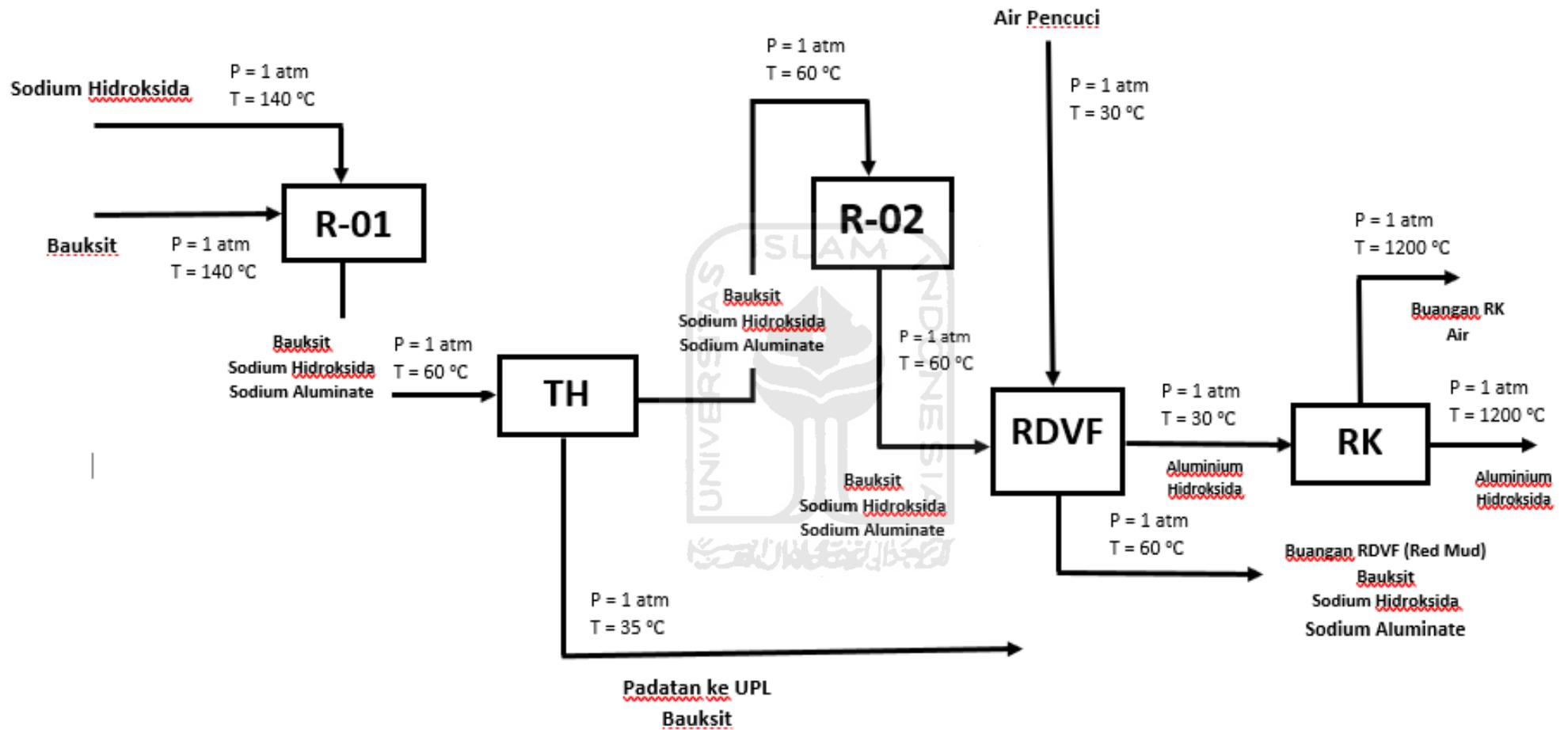
Tabel 4.12. Neraca panas Rotary Drum Vacum Filter (RDVF – 01)

komponen	Q masuk (J/jam)	Q keluar (J/jam)
Q10	-1,10E+15	
Q11	1,47938E+15	
Q12		4,47E+15
Q13		4,63634E+14
Q steam	4,55E+15	
Jumlah	4,93E+15	4,93469E+15

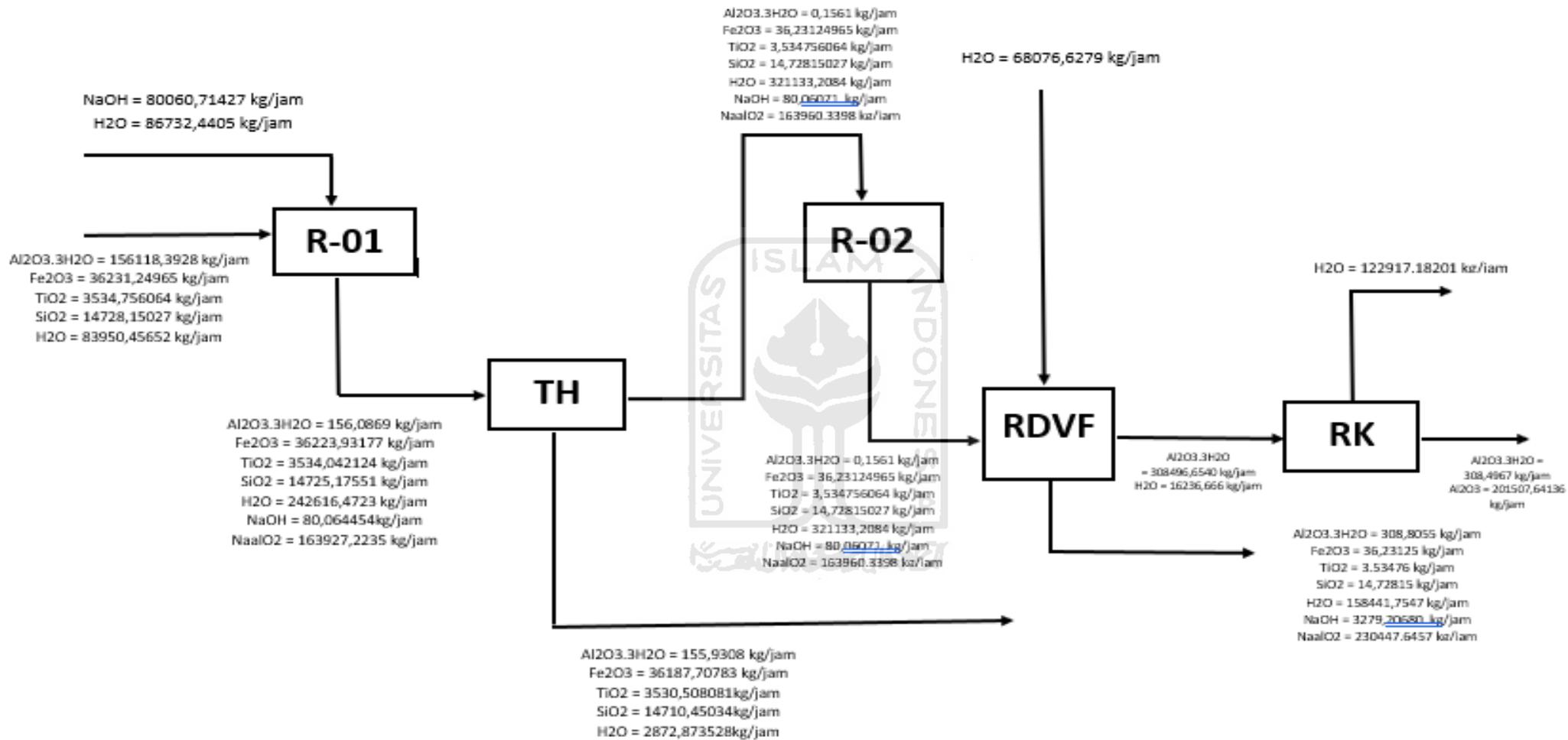
5. Rotary Kiln (RK – 01)

Tabel 4.13. Neraca panas Rotary Kiln (RK – 01)

komponen	Q masuk (J/jam)	Q keluar (J/jam)
Q14	1,56E+16	
Q15	0	292617406,5
Q16		1,17831E+17
Q steam	1,02E+17	
Jumlah	1,18E+17	1,17831E+17



Gambar4.4. Diagram Alir Proses Kualitatif



Gambar , 4.5. Diagram Alir Proses Kuantitatif

#### 4.5. Pelayanan Teknik Utilitas

Unit pendukung proses atau sering disebut unit utilitas merupakan unit penunjang bagi unit – unit lainnya atau sarana penunjang proses untuk menjalankan suatu pabrik dengan baik dari tahap awal sampai produk akhir. Pada umumnya, utilitas dalam pabrik proses meliputi air, steam, udara tekan, listrik dan bahan bakar. Penyediaan utilitas dapat dilakukan secara langsung dimana utilitas diproduksi di dalam pabrik tersebut atau secara tidak langsung yang diperoleh dengan membeli ke perusahaan – perusahaan yang menjualnya.

Unit pendukung proses yang terdapat dalam pabrik Alumina antara lain :

1. Air
2. Steam
3. Udara Tekan
4. Listrik
5. Bahan Bakar

##### 4.5.1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air

Air merupakan kebutuhan pokok dalam memenuhi kebutuhan proses produksi. Kebutuhan air digunakan sebagai air pendingin, air kebutuhan kantor, dan rumah tangga serta kebutuhan lain. Pabrik Alumina akan didirikan di daerah pulau Bintan, kepulauan Riau, provinsi Riau. Kebutuhan air untuk utilitas diperoleh dari sungai yang berasal dari Gunung Lengkuas. Air tersebut kemudian diolah dalam sistem utilitas milik pabrik Alumina sebelum didistribusikan sesuai dengan kebutuhan air :

➤ Kebutuhan Air

- a. Air Proses

Air pendingin digunakan sebesar 149.417,805 kg/jam

- b. Air pendingin

Kebutuhan air pendingin :

Cooler (CL-01) = 542.698,095 kg/jam

Pendingin Reaktor = 2.898.769,513 kg/jam +

Total = 3.441.467,608 kg/jam

c. Air untuk pembuat steam

Steam yang digunakan adalah steam jenuh. Kebutuhan steam sebesar 28.397,600 kg/jam

d. Air untuk Kantor

Kebutuhan untuk kantor berkisar 100 liter/hari.orang sampai 120 liter/hari.orang (Sularso, tabel 2.9).

Dirancang : 120 liter/hari.orang

Air di kantor dirancang untuk memenuhi 160 orang.

$$\begin{aligned} \text{Maka air untuk kantor} &= 160 \text{ orang} \times \frac{120 \text{ liter}}{\text{orang.hari}} \times \frac{1 \text{ kg}}{\text{liter}} \\ &= 19.200 \text{ kg/hari} \\ &= 800 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

e. Air untuk Perumahan

Kebutuhan air untuk perumahan antara 150 liter/hari.orang sampai 250 liter/hari.orang (Sularso, 1991).

Dirancang : 250 liter/hari.orang

Di lingkungan pabrik ada 10 rumah dan setiap rumah dihuni oleh 6 orang.

Maka air untuk perumahan:

$$= 10 \text{ rumah} \times \frac{6 \text{ orang}}{\text{rumah}} \times \frac{250 \text{ liter}}{\text{org.hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \times \frac{1 \text{ kg}}{\text{liter}} = 625 \text{ kg/jam}$$

f. Air untuk Laboratorium

Air untuk laboratorium berkisar antara 100 liter/hari.orang sampai 200 liter/hari.orang dan dirancang dengan karyawan laboratorium sebanyak 3 orang. Sehingga setiap orang akan mendapatkan 100 liter/hari.orang.

$$\begin{aligned} \text{Maka air untuk laboratorium} &= 3 \text{ orang} \times \frac{200 \text{ liter}}{\text{org.hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{8 \text{ jam}} \times \frac{1 \text{ kg}}{\text{liter}} \\ &= 75 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

g. Air untuk Poliklinik

Berkisar antara 250 liter sampai 1000 liter/hari.orang dan bekerja selama 10 jam. Di dalam poliklinik terdapat Dokter jaga 2 orang, Perawat 3 orang, dan Apoteker sebanyak 1 orang.

$$\text{Air untuk poliklinik} = 6 \text{ orang} \times \frac{250 \text{ liter}}{\text{org.hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{10 \text{ jam}} \times \frac{1 \text{ kg}}{\text{liter}}$$

h. Air untuk Kafe dan Resto

Berkisar 15 liter/orang.hari sampai dengan 30 liter/hari.orang dan kafe tersebut akan dibuka selama 5 jam dengan daya tampung sebanyak 60 orang dan setiap orang memerlukan 15 liter/hari.orang. Kebutuhan air untuk kafe dan resto :

$$\begin{aligned} \text{Air untuk kafe dan resto} &= 60 \text{ orang} \times \frac{20 \text{ liter}}{\text{org.hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{5 \text{ jam}} \times \frac{1 \text{ kg}}{\text{liter}} \\ &= 240 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

i. Air untuk Bengkel

Berkisar antara 50 sampai 70 liter/orang.hari dan jumlah karyawan 6 orang dan setiap orang memerlukan 70 liter/orang.hari.

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air} &= 6 \text{ orang} \times \frac{70 \text{ liter}}{\text{org.hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \times \frac{1 \text{ kg}}{\text{liter}} \\ &= 17,5 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

j. Air untuk masjid

Berkisar antara 10 sampai 20 liter/orang.hari dengan mampu menampung sebanyak 50 orang dan setiap orang diperkirakan membutuhkan 15 liter/orang.hari.

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air} &= 50 \text{ orang} \times \frac{15 \text{ liter}}{\text{org.hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \times \frac{1 \text{ kg}}{\text{liter}} \\ &= 31,25 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

k. Air untuk hidran

Di rancang air untuk hidran berfungsi untuk air cadangan jika terjadi kebakaran dan sebagainya. Air untuk hidran berkisar antara 130 sampai 260 liter/menit, dan dirancang sebanyak 50.000 kg dengan waktu tinggal 3 bulan.

$$\begin{aligned}\text{Air untuk hidran} &= \frac{50.000 \text{ kg}}{3 \text{ bulan} \times 30 \frac{\text{hari}}{\text{bulan}} \times 24 \frac{\text{jam}}{\text{hari}}} \\ &= 23,148 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

➤ Manajemen penggunaan air :

a. Air proses

Air proses dipakai sekali.

b. Air untuk kantor, perumahan, dan layanan umum

Air untuk kantor, perumahan, dan layanan umum dipakai sekali, langsung dibuang ke pengolahan limbah.

c. Air untuk media pendingin

Air untuk media pendingin digunakan secara tertutup, air bekas media pendingin dengan suhu maksimum 50°C dipulihkan dengan cara di kontakkan dengan udara lingkungan dalam Menara pendingin. Dalam Menara pendingin terjadi transfer panas antara air ke udara dan transfer massa dari air ke udara akibatnya suhu air keluar menara pendingin kembali 30°C dan massa air berkurang akibat penguapan (*evaporating*), *drift loss* dan *blowdown*.

$$\text{Evaporated Loss (We)} = 3.441.467,608 \text{ kg/jam}$$

$$T1 = 50^\circ\text{C} = 323 \text{ K}$$

$$T2 = 30^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$$

Menurut Evan, Process Equipmen Handbook, Vol II, air make up pendingin adalah sebesar 12,5% dari massa air pendingin yang diperlukan:

$$\text{Air make up} = 3.441.467,608 \text{ kg/jam} \times 12,5\%$$

$$= 430.183,451 \text{ kg/jam}$$

d. Air untuk Umpan Boiler

Air dengan kualitas umpan boiler terdiri dari 2 jenis :

1. Steam jenuh pada suhu 120°C
2. Air make up umpan boiler, diprediksi 10% dari jumlah steam yang diproduksi.

$$\begin{aligned} \text{Air make up} &= 28.397,600 \text{ kg/jam} \times 10\% \\ &= 2.839,76 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Kebutuhan air dalam pabrik secara keseluruhan adalah :

Tabel 4.14. Kebutuhan Air Total

No	Kebutuhan Air	Jumlah (kg/jam)
1	Air proses	149.417,805
2	Air pendingin	3.441.467,608
3	Air umpan boiler	28.397,600
4	Air kantor	1.125,000
5	Air perumahan	625,000
6	Air hidran dan servis	2.263,750
Total		3.623.296,763

Setelah digunakan, ada sejumlah air yang hilang. Oleh karena itu, diperlukan *supply* air untuk mengganti air yang hilang, disebut dengan air *make up*. Kebutuhan air make up pada pabrik Aluminium Oksida adalah sebagai berikut :

Tabel 4.15. Kebutuhan Air Make Up

No	Kebutuhan Air	Jumlah (kg/jam)
1	Air proses	149.417,805
2	Air pendingin	430.183,451

3	Air umpan boiler	2.839,760
4	Air kantor	1.125,000
5	Air perumahan	625,000
6	Air hidran dan servis	2.263,750
Total		586.454,766

Diasumsikan terdapat pengotor pada bak pengendap awal 5%, clarifier 5%, dan pada saringan pasir sebesar 2,5%. Maka jumlah air sungai yang dibutuhkan adalah : 574.541,673 Kg/jam.

- Spesifikasi Alat Utilitas

1. Bak Pengendap Awal

Tugas = Mengendapkan kotoran kasar yang terbawa oleh air sungai

Jenis Alat = Bak persegi Panjang

Panjang = 117,134 m

Lebar = 39,0447 m

Tinggi = 4 m

Bahan Konstruksi = Beton Betulang

Harga = \$ 1.742

2. Bak Pencampur Cepat

Tugas =Mencampur bahan kimia penggumpal dan mengurangi kesadahan air

Jenis Alat = Bak Silinder

Diameter Alat = 2,37 m

Tinggi = 2,37 m

Bahan Konstruksi = Baja Karbon

Harga = \$ 1.742

### 3. Clarifier

Tugas =Menggumpalkan dan mengendapkan kotoran koloid yang terbawa air

Jenis Alat = Bak Silinder tegak dengan bentuk kerucut

Diameter = 15,60 m

Tinggi Silinder = 7,80 m

Tinggi Cone = 1,5 m

Kecepatan putar = 0,03 rpm

Daya = 1,91751 Hp

Harga = \$ 1.742

### 4. Saringan Pasir

Tugas = Menyaring kotoran yang masih terbawa air dari clarifier

Jenis Alat = Bak persegi empat Panjang

Panjang = 8,991 m

Lebar = 8,991 m

Tinggi Tumpukan = 1,219 m

Harga = \$ 8.013

### 5. Bak Air Bersih

Tugas = Menampung air bersih dari saringan pasir

Jenis Alat = Bak persegi Panjang

Panjang = 58,8925 m

Lebar = 19,6308 m

Tinggi = 4 m

Bahan Konstruksi = Beton Bertulang

Harga = \$ 1.742

### 6. Menara Pendingin

Tugas = Mendinginkan suhu air dari 323 K sampai 303 K

Jenis Alat = Menara Pendingin jujut Tarik

Luas Penampang = 56,9713 m<sup>2</sup>

Panjang dan Lebar = 7,5479 m

Panjang bak = 16,7208 m

Lebar bak = 8,3604 m

Tinggi bak = 8,3604 m

Daya penggerak fan= 25 Hp

Harga = \$ 11.265

#### 7. Tangki Penukar Kation

Tugas = Menghilangkan Kation yang masih terkandung dalam air

Jenis Alat = Tangki silinder tegak

Kapasitas = 8 kgrain/ft<sup>3</sup>

Diameter = 2,13 m

Tinggi = 2,56 m

Bahan Konstruksi = Baja Karbon

Harga = \$ 214.850

#### 8. Tangki NaCl

Tugas = Melarutkan NaCl untuk regenerasi penukar kation

Jenis Alat = Tangki silinder tegak

Volume Tangki = 12,6820 m<sup>3</sup>

Diameter = 2,52774 m

Tinggi = 5,0555 m

Harga = \$ 10.957

#### 9. Tangki Penukar Anion

Tugas = Menghilangkan mineral yang masih terkandung dalam air bersih

Jenis Alat = Tangki Silinder Tegak

Kapasitas = 25 kgrain/ft<sup>3</sup>

Diameter = 1,35 m  
Tinggi = 1,62 m  
Bahan Konstruksi = Baja Karbon  
Harga = \$ 214.850

10. Tangki NaOH

Tugas =Melarutkan NaOH untuk regenerasi penukar anion

Jenis Alat = Tangki silinder tegak

Volume tangki = 1,1012 m<sup>3</sup>

Diameter = 1,1194 m

Tinggi = 2,2388 m

Harga = \$ 26.856

11. Tangki Umpan Boiler

Tugas =Melarutkan NaOH regenerasi Penukar anion

Jenis Alat =Tangki silinder Horizontal dilengkapi dengan Deaerator

Volume Tangki = 27,399 m<sup>3</sup>

Diameter = 2,266 m

Lebar = 6,798 m

Bahan Konstruksi = Baja Karbon

Harga = \$ 42.970

12. Tangki Kondensat

Tugas = Menyimpan kondensat selama 1 jam

Jenis Alat = Tangki silinder Horizontal

Volume Tangki = 0,342 m<sup>3</sup>

Diameter = 0,526 m

Lebar = 1,578 m

Bahan Konstruksi = Baja karbon

Harga = \$ 4.297

### 13. Bak Air Minum

Tugas	= Menampung air untuk kantor pelayanan dan rumah tangga
Jenis Alat	= Bak persegi Panjang
Volume bak	= 50,6533 m <sup>3</sup>
Panjang	= 6,1636 m
Lebar	= 2,0545 m
Bahan Konstruksi	= Beton Bertulang
Harga	= \$ 1.742

### 14. Boiler

Tugas	= Membuat steam pada kondisi 413,15 K dan 1,0133 bar sebanyak 2.839,760027 kg/jam
Jenis Alat	= Firetube Boiler
Beban Panas	= 8.222.436 Kj/jam
Ukuran tube	:
OD	= 0,0889 m
ID	= 0,0779 m
L	= 4,8768 m
A perpindahan panas	= 792,323 m <sup>2</sup>
Jumlah tube	= 582,323 buah
Harga	= \$ 225.593

### 15. Tangki penampung air rumah tangga

Tugas	= Menampung air kebutuhan rumah tangga dan kantor yang berasal dari bak air bersih
Jenis Alat	= Tangki silinder horizontal
Bahan Konstruksi	= <i>Steel</i>
Kecepatan Massa	= 3,3459 kg/jam
Waktu Tinggal	= 720 jam
Volume Tangki	= 3,5409 m <sup>3</sup>

Ukuran :

H = 2,1644 m

D = 0,7215 m

Tebal *Shell* = 0,004763 m

Tinggi head = 0,18816 m

#### 16. Pompa Utilitas 1

Tugas = Mengalirkan air sungai sebanyak  
4.979.846,138 kg/jam menuju bak pengendap  
awal

Jenis Alat = Pompa Centrifugal

Lokasi = *Outdoor*

Bahan = *Komersial Steel*

Kapasitas = 631,9958 m<sup>3</sup>/jam

Diameter pipa = 16 in

Panjang pipa = 40 m

Head pompa = 6,62 m

Effisiensi pompa = 80%

Jenis motor = Motor induksi

Kecepatan perputaran = 1425 rpm

Effisiensi Motor = 88%

Daya motor standar = 25 Hp

Jumlah = 1 unit

Harga = \$ 39.370

#### 17. Pompa Utilitas 2

Tugas = Memompakan air sebanyak  
4.095.977,343kg/jam dari bak pengendap awal  
menuju ke bak pencampur cepat

Jenis Alat = Pompa Centrifugal

Lokasi = *Outdoor*

Bahan = *Komersial Steel*  
 Kapasitas = 522,4356 m<sup>3</sup>/jam  
 Diameter pipa = 14 in  
 Panjang pipa = 1500 m  
 Head pompa = 12,30 m  
 Effisiensi pompa = 81%  
 Jenis Motor = Motor induksi  
 Kecepatan perputaran= 1425 rpm  
 Effisiensi Motor = 89%  
 Daya motor standa = 40 Hp  
 Jumlah = 1 unit  
 Harga = \$ 36.350

#### 18. Pompa Utilitas 3

Tugas = Memompakan air sebanyak 493.832,2475  
 kg/jam dari clarifier menuju ke saringan pasir  
 Jenis Alat = Pompa Centrifugal  
 Lokasi = *Outdoor*  
 Bahan = *Komersial Steel*  
 Kapasitas = 496,3138 m<sup>3</sup>/jam  
 Diameter pipa = 14 in  
 Panjang pipa = 100 m  
 Head pompa = 8,14 m  
 Effisiensi pompa = 80%  
 Jenis motor = Motor induksi  
 Kecepatan perputaran= 950 rpm  
 Effisiensi motor = 87%  
 Daya motor standar= 25 Hp  
 Jumlah = 1 unit  
 Harga = \$ 36.350

#### 19. Pompa Utilitas 4

Tugas	= Memompakan air sebanyak 479.303,6601 kg/jam dari saringan pasir menuju bak air bersih
Jenis Alat	= Pompa Centrifugal
Lokasi	= <i>Outdoor</i>
Bahan	= <i>Komersial Steel</i>
Kapasitas	= 481,7122 m <sup>3</sup> /jam
Diameter pipa	= 14 in
Panjang pipa	= 100 m
Head pompa	= 0,09 m
Effisiensi pompa	= 80%
Jenis motor	= Motor induksi
Kecepatan perputaran	= 950 rpm
Effisiensi motor	= 80%
Daya motor standar	= 0,5 Hp
Jumlah	= 1 unit
Harga	= \$ 36.350

#### 20. Pompa Utilitas 5

Tugas	= Memompakan air sebanyak 479.303,6601kg/jam dari bak air bersih menuju bak air rumah tangga
Jenis Alat	= Pompa Centrifugal
Lokasi	= <i>Outdoor</i>
Bahan	= <i>Komersial Steel</i>
Kapasitas	= 481,7122 m <sup>3</sup> /jam
Diameter pipa	= 14 in
Panjang pipa	= 100 m
Head pompa	= 17,09 m

Effisiensi pompa = 80%  
Jenis Motor = Motor induksi  
Kecepatan perputaran= 2850 rpm  
Effisiensi motor = 89%  
Daya motor standar = 50 Hp  
Jumlah = 1 unit  
Harga = \$ 36.350

#### 21. Pompa Utilitas 6

Tugas = Memompakan air sebanyak 430.183,451 kg/jam menuju Menara pendingin

Jenis Alat = Pompa Centrifugal  
Lokasi = *Outdoor*  
Bahan = *Komersial Steel*  
Kapasitas = 432,3452 m<sup>3</sup>/jam  
Diameter pipa = 14 in  
Panjang pipa = 90 m  
Head pompa = 10,84 m  
Effisiensi pompa = 80%  
Jenis Motor = Motor induksi  
Kecepatan perputaran= 237,5 rpm  
Effisiensi motor = 89%  
Daya motor standar= 25 Hp  
Jumlah = 1 unit  
Harga = \$ 36.350

#### 22. Pompa Utilitas 7

Tugas = Memompakan air sebanyak 3.123,74 kg/jam dari tangka umpan boiler menuju boiler

Jenis Alat = Pompa Centrifugal  
Lokasi = *Outdoor*

Bahan = *Komersial Steel*

Kapasitas = 3,1394 m<sup>3</sup>/jam

Diameter pipa = 2 in

Panjang pipa = 60 m

Head pompa = 0,30 m

Effisiensi pompa = 41%

Jenis Motor = Motor induksi

Kecepatan putaran = 712,5 rpm

Effisiensi motor = 80%

Daya motor standar = 0,5 Hp

Jumlah = 1 unit

Harga = \$ 11.962

#### 23. Kompresor Udara

Tugas = Menekan udara sebesar 48 m<sup>3</sup>/jam dari 1,0133 bar hingga 4 bar

Jenis Alat = Kompresor sentrifugal

Jumlah Stage = 1

Daya motor = 5 Hp

Kapasitas kompresor = 2,1417 kmol/jam

Harga = \$ 41.337

#### 24. Tangka Silika

Tugas = Menghilangkan uap air yang masih terkandung di dalam udara

Jenis Alat = Tangki silinder tegak

Volume tangka = 9,33 m<sup>3</sup>

Diameter = 3,45 m

Tinggi = 3,45 m

Harga = \$ 18.981

## 25. Tangki Udara Tekan

Tugas	= Menampung Udara Tekan selama 3 jam
Jenis Alat	= Tangki silinder Horizontal
Volume Tangki	= 48,582 m <sup>3</sup>
Diameter	= 2,743 m
Lebar	= 8,228 m
Bahan konstruksi	= Baja Karbon
Harga	= \$ 36.024

## 26. Tangki Bahan Bakar

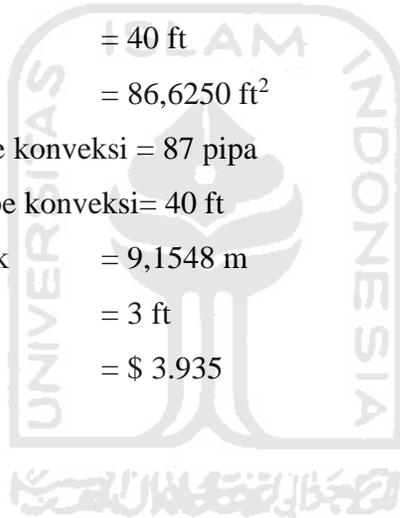
Tugas	= Menyimpan Bahan Bakar Solar untuk waktu 15 hari
Jenis Alat	= Tangki silinder Horizontal
Jumlah Tangki	= 2 buah
Kondisi operasi	= T = 30°C P = 4 atm
Volume Tangki	= 5,9884 m <sup>3</sup>
Diameter	= 30,5 m
Tinggi	= 9,144 m
Bahan Konstruksi	= <i>Carbon Steel SA 178 Grade C</i>
Harga	= \$ 39.017

## 27. Generator

Tugas	= Membangkitkan listrik sebagai cadangan Untuk keperluan proses, utilitas, dan umum
Jenis Alat	= Generator bahan bakar solar
Daya	= 6000 kWh
Kebutuhan bahan Bakar	= 20,0756 kg/jam
Effisiensi pembakaran	= 0,7%
Harga	= \$ 250000

## 28. Furnace

Tugas	= Memanskan Udara dari 30°C menjadi 1200°C sebelum ke Rotary Kiln
Jenis	= Box Type Furnace
Kebutuhan Panas	= 93.445.713,58 BTU/jam
A radiasi	= 7606,853 ft <sup>2</sup>
Jumlah tube radiasi	= 181 pipa
Panjang tube radiasi	= 40 ft
Lebar box	= 35 ft
Tinggi box	= 40 ft
A konveksi	= 86,6250 ft <sup>2</sup>
Jumlah tube konveksi	= 87 pipa
Panjang tube konveksi	= 40 ft
Tinggi stack	= 9,1548 m
Diameter	= 3 ft
Harga	= \$ 3.935





#### 4.5.2. Unit Kebutuhan Steam

Steam yang digunakan pada pabrik Alumina ini adalah steam jenuh pada suhu 150 °C dan tekanan 1 atm dengan kebutuhan steam sebesar 28.397,600 Kg/jam.

#### 4.5.3. Unit Penyedia Listrik

Pabrik Aluminium Oksida kebutuhan listriknya diperoleh dari PLN dan generator. Dimana fungsi generator yaitu sebagai tenaga cadangan saat terjadi gangguan atau pemadaman listrik oleh PLN. Listrik digunakan untuk menggerakkan motor penggerak alat – alat proses misalnya pompa, dan alat lainnya, selain itu listrik digunakan juga untuk penerangan. Kebutuhan listrik total adalah sebesar 4.561,3153 kW. Berikut spesifikasi generator yang digunakan yaitu :

Kapasitas = 6000 kW

Jumlah = 1 buah

Berikut rincian untuk kebutuhan listrik pabrik :

##### a. Kebutuhan Listrik Alat Proses

Tabel 4.16. Kebutuhan Listrik Alat Proses

Alat	Kode alat	Daya	
		Hp	Watt
Pengaduk Reaktor 1	R-01	50	37285
Pengaduk Reaktor 2	R-02	75	55927,5
Rotary Kiln	RK-01	0.67051	499,999307
Rotary drum vacuum filter	RDVF	1403	1046217,1
Screw Conveyor	SC-01	10	7457
Screw Conveyor	SC-02	7.5	5592,75
Belt Conveyor	BC-01	20.3	15137,71
Belt Conveyor	BC-02	20	14914

Belt Conveyor	BC-03	21.4	15957.98
Pompa 1	P-01	10	7457
Pompa 2	P-02	7.5	5592,75
Pompa 3	P-03	1.5	1118,55
Pompa R1-R2	P-(R1-R2)	20	14914
Pompa 4	P-04	15	11185,5
Pompa 5	P-05	15	11185,5
Pompa 6	P-06	15	11185,5
Pompa 7	P-07	7.5	5592,75
Pompa 8	P-08	5	3728,5
Rotary Cooler	RC-01	150.2442	112037,0999
Blower 1	BL-01	20	14914
Blower 2	BL-02	1750	1304975
Total		3624.61471	2702875,189

Power yang dibutuhkan = 2.702.875,189 Watt  
= 2.702,8752 kW

a. Kebutuhan Listrik untuk Utilitas

Tabel 4.17. Kebutuhan Listrik Utilitas

Alat	Kode alat	Daya	
		Hp	Watt
Pengaduk turbin BPC	BU-02	0,5	372,85
Clarifier	CL-01	1,9	1416,83
Kompresor Udara	KU-01	5	3728,5
Pompa Utilitas 1	PU-01	25	18642,5
Pompa Utilitas 2	Pu-02	40	29828
Pompa Utilitas 3	Pu-03	25	18642,5
Pompa Utilitas 4	Pu-04	0,5	372,85
Pompa Utilitas 5	Pu-05	50	37285

Pompa Utilitas 6	Pu-06	25	18642,5
Pompa Utilitas 7	Pu-07	0,5	372,85
Fan	CT-01	25	18642,5
Total		198,4	147946,88

Power yang dibutuhkan = 147.946,88 Watt  
= 147,9469 kW

b. Kebutuhan listrik untuk Penerangan dan AC

- Listrik yang digunakan untuk AC diperkirakan sekitar 142,5411 kW
- Listrik untuk penerangan diperkirakan sekitar 142,5411 kW

c. Kebutuhan listrik untuk bengkel dan laboratorium

Listrik untuk bengkel dan laboratorium diperkirakan sebesar 712,7055 kW.

d. Kebutuhan Listrik untuk instrumentasi

Listrik yang digunakan untuk instrumentasi diperkirakan sebesar 712,7055 kW.

Berikut rincian kebutuhan listrik pada pabrik Aluminium oksida:

Tabel 4.18. Rincian kebutuhan listrik

No	Keperluan	Kebutuhan (kW)
1	Kebutuhan Plant	
	a. Proses	2702,875189
	b. Utilitas	147,94688
2	a. Listrik Ac	142,5411035
	b. Listrik Penerangan	142,5411035
3	Laboratorium & bengkel	712,7055173
4	Instrumentasi	712,7055173
<b>Total</b>		<b>4561,315311</b>

#### 4.5.4. Unit Penyedia Bahan Bakar

Kebutuhan bahan bakar solar diperoleh dari PT. Pertamina untuk menggerakkan generator jika terjadi pemadaman listrik sebesar 7.537,894 lt/tahun. Bahan bakar yang digunakan untuk furnace dan boiler sebesar 1.821.469,15 lt/tahun.

#### 4.5.5. Unit Penyedia Udara Tekan

Udara tekan diperlukan untuk penggerak instrumen – instrumen pengendali. Udara tekan yang digunakan di dalam pabrik Alumina adalah 48 m<sup>3</sup>/jam per alat kontrol.

#### 4.5.6. Unit Pengolahan Limbah

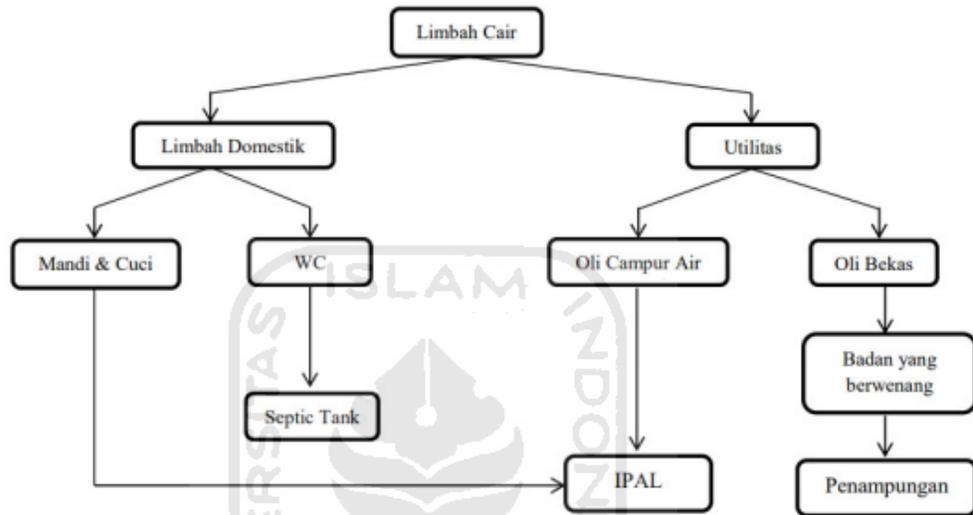
Limbah yang dihasilkan dari pabrik *Aluminium Oksida* dapat diklasifikasi:

1. Bahan buangan cair
2. Bahan buangan padatan
3. Bahan buangan gas

Pengolahan limbah ini didasarkan pada jenis buangannya :

1. Pengolahan bahan buangan cair

ada pengolahan limbah cair, semua limbah cair yang berasal dari limbah domestik maupun limbah utilitas semua diolah di dalam Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) kecuali oli bekas yang akan ditampung di dalam penampungan yang selanjutnya dikirim ke badan yang berwenang.

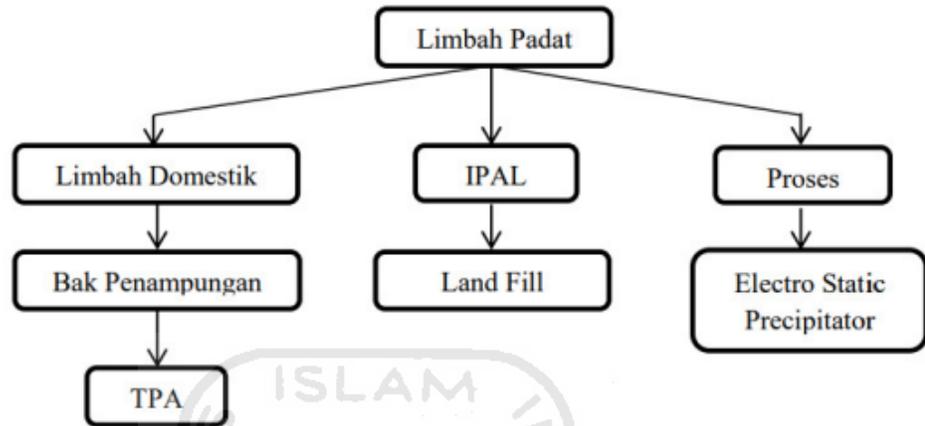


Gambar .4.7. Blok diagram proses pengolahan limbah cair

## 2. Pengolahan bahan buangan padatan

Limbah padat yang dihasilkan berasal dari limbah domestik, IPAL, dan limbah padat dari proses. Limbah domestik berupa sampah – sampah sehari – hari seperti kertas dan plastik, sampah tersebut ditampung di dalam bak penampungan dan selanjutnya dikirim ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Limbah yang berasal dari IPAL diurung didalam tanah yang dindingnya dilapisi dengan clay (tanah liat) agar bila limbah yang dipendam termasuk berbahaya tidak menyebar ke lingkungan sekitarnya. Limbah padat yang berasal dari proses (debu) ditangkap oleh Electro Static Precipitator (ESP) adalah salah satu alternative penangkap debu dengan efisiensi tinggi (mencapai 90%) dan rentang partikel yang didapat cukup besar. Dengan menggunakan Electro Static Precipitator (ESP) ini, jumlah

limbah debu yang keluar dari cerobong diharapkan hanya 0,16% (efektifitas penangkapan debu mencapai 99,84%).



Gambar 4.8. Bagan Unit Pengolahan limbah padat

### 3. Pengolahan Limbah Gas

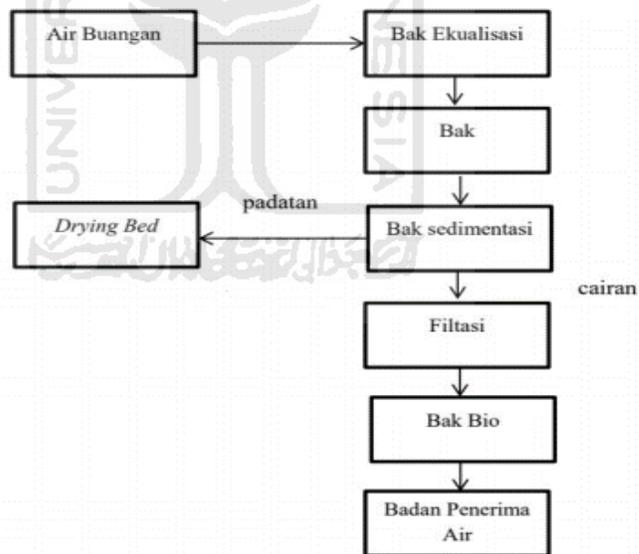
Limbah gas yang berasal dari alat – alat produksi dibuang ke udara melalui stack yang mempunyai tinggi minimal 4 kali tinggi bangunan, banyaknya limbah gas yang dibuang dapat diminimasi dengan jalan melakukan perawatan yang rutin terhadap mesin – mesin produksi.

#### 4.5.7. Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)

Instalasi pengolahan air limbah adalah suatu instalasi untuk mengolah limbah cair baik yang berasal dari limbah domestik maupun limbah proses. Limbah dari berbagai sumber sebelum masuk ke IPAL dilewatkan melalui bak ekualisasi untuk menyamakan beban dalam pengolahan dengan jalan melakukan pengadukan pada limbah sehingga menjadi homogen dari bak ekualisasi limbah masuk ke bak netralisasi untuk menetralkan pH, karena pH yang netral selain tidak mengganggu lingkungan juga dapat berguna untuk mempermudah proses pengendapan di bak sedimentasi, penetralan pH

dilakukan dengan jalan penambahan NaOH/H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, setelah netral limbah dialirkan ke bak sedimentasi untuk mengendapkan kandungan solid yang terdapat di dalamnya dengan bantuan koagulen, dari bak sedimentasi selanjutnya dilakukan penyaringan dengan menggunakan media penyaring berbutir seperti kerikil, pasir, dan juga ditambahkan karbon aktif untuk menghilangkan bau. Limbah setelah melalui proses

filtrasi dimasukkan ke dalam bak *Bio Control* yang bertujuan untuk menguji apakah limbah tersebut sudah benar – benar tidak mencemari lingkungan, pengujian dilakukan dengan memasukkan ikan ke dalam bak *Bio Control*, bila ikan tersebut tetap hidup normal maka proses pengolahan air limbah dapat dikatakan sudah berhasil dan air yang dihasilkan selanjutnya akan dibuang ke badan penerima air baik di selokan ataupun di laut.



Gambar 4.9. Skema Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)

## **4.6.Organisasi Perusahaan**

### **4.6.1. Bentuk Perusahaan**

Bentuk perusahaan yang dipilih adalah Perseroan Terbatas (PT) yaitu perusahaan yang terdiri dari pemegang saham dan berbentuk badan hukum. Dasar pertimbangan pemilihan bentuk perusahaan Perseroan Terbatas adalah :

1. Kontinuitas perusahaan sebagai badan hukum dapat terjamin sebab tidak tergantung pada pemegang saham, dimana pemegang saham dan berganti - ganti.
2. Pemegang saham memiliki tanggung jawab yang terbatas terhadap adanya hutang - hutang perusahaan. Ini berarti resiko pemegang saham hanya terbatas sampai besarnya modal yang disetorkan.
3. Dapat memperluas lapangan karena lebih mudah memperoleh tambahan modal dengan menjual saham - saham baru.
4. Mudah memindahkan hak pemilik dengan menjual saham kepada orang lain.
5. Manajemen dan sosialisasi yang baik memungkinkan pengelolaan sumber - sumber modal secara efisien.
6. Pemegang saham melalui rapat umum dapat memilih Dewan Direksi yang cakap dan berkualitas untuk menjalankan perusahaan.

Bentuk perusahaan ini dipimpin oleh direksi yang terdiri dari seorang direktur utama dan dibantu oleh direktur proses dan direktur umum. Direktur dipilih oleh rapat umum anggota, yang dipilih menjadi direktur tidak selalu orang yang memiliki saham, dapat juga orang lain. Pekerjaan direksi sehari - hari diawasi oleh rapat umum oleh para pemilik saham.

Dewan komisaris berhak mengadakan pemeriksaan sendiri atau dibantu akuntan pabrik apabila perusahaan tidak berjalan sebagaimana mestinya. Direksi dan komisaris dipilih kembali oleh rapat umum pemilik saham setelah masa jabatan habis. Kekuasaan tertinggi dalam perseroan terbatas adalah rapat umum para pemilik saham yang biasanya dilakukan satu tahun sekali.

#### 4.6.2. Struktur Organisasi Perusahaan

Struktur organisasi merupakan kerangka mekanisme formal, bagaimana perusahaan/organisasi tersebut dikelola. Untuk mendapatkan sistem organisasi yang terbaik, maka perlu diperhatikan beberapa asas yang dapat dipergunakan sebagai pedoman, antara lain :

- a. Perumusan tujuan perusahaan dengan jelas
- b. Pendelegasian karyawan dengan jelas
- c. Pembagian tugas kerja yang jelas
- d. Kesatuan perintah dan tanggung jawab
- e. Sistem pengontrol atas pekerjaan yang telah dilaksanakan
- f. Organisasi perusahaan yang fleksibel

Dengan berpedoman terhadap asas tersebut maka diperoleh bentuk struktur yang baik, yaitu *line and staff*. Pada sistem ini garis kekuasaan Lebih sederhana dan praktis. Demikian juga dalam pembagian tugas kerja seperti yang terdapat dalam sistem organisasi fungsional, sehingga seorang karyawan hanya bertanggung jawab pada seorang atasan saja. Sedangkan untuk mencapai kelancaran produksi maka perlu dibantu staff ahli yang akan memberikan bantuan, pemikiran, dan nasehat kepada tingkat pengawas, demi tercapainya tujuan perusahaan.

Ada dua kelompok orang - orang yang berpengaruh didalam menjalankan organisasi sistem *line and staff* ini, yaitu :

- a. Sebagai garis atau *line*, yaitu orang - orang yang melaksanakan tugas pokok perusahaan dalam rangka mencapai tujuan perusahaan.
- b. Sebagai *staff*, yaitu orang - orang yang melaksanakan tugasnya dengan keahlian yang dimiliki, dalam hal ini bertugas memberikan saran - saran kepada unit operasional.

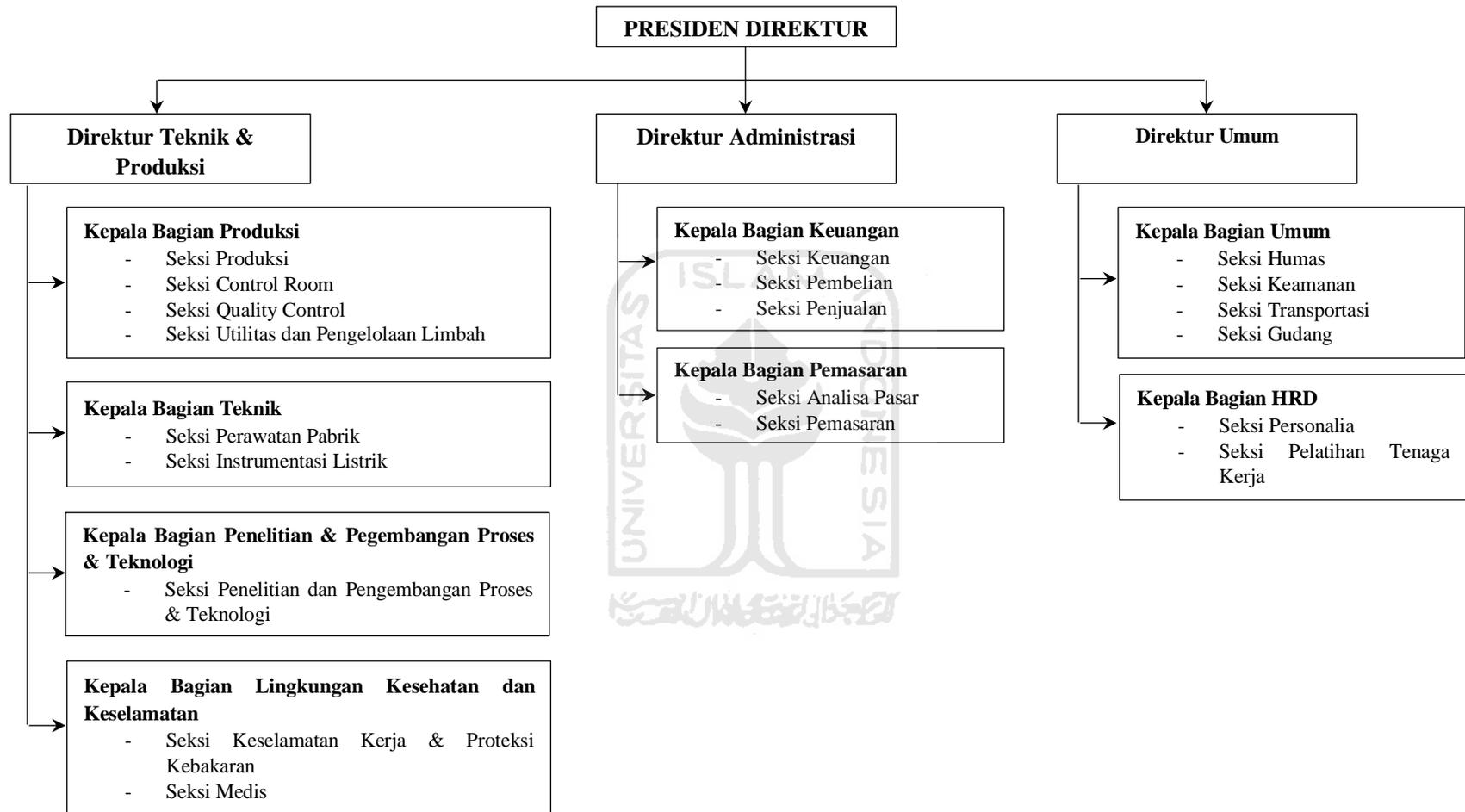
Dewan mewakili para pemegang saham (pemilik perusahaan ) dalam pelaksanaan tugas sehari - harinya. Tugas untuk menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh seorang direktur utama yang dibantu oleh direktur produksi

membawahi bidang pemasaran, keuangan, dan bagian umum. Kedua direktur ini membawahi beberapa kepala bagian yang akan bertanggung jawab atas bagian dalam perusahaan, sebagai bagian dari pendelegasian wewenang dan tanggung jawab. Masing - masing kepala bagian akan membawahi beberapa seksi dan masing - masing seksi akan membawahi dan mengawasi para karyawan perusahaan pada masing - masing bidangnya. Karyawan perusahaan akan dibagi dalam beberapa kelompok regu yang dipimpin oleh seorang kepala regu dimana setiap kepala regu akan bertanggung jawab kepada pengawas masing - masing seksi (Widjaja, 2003).

Manfaat adanya struktur organisasi adalah sebagai berikut :

- a. Menjelaskan, membagi, dan membatasi pelaksanaan tugas dan tanggung jawab setiap orang yang terlibat di dalamnya
- b. Penempatan tenaga kerja yang tepat
- c. Pengawasan, evaluasi dan pengembangan perusahaan serta manajemen perusahaan yang lebih efisien
- d. Penyusun program pengembangan manajemen
- e. Menentukan pelatihan yang diperlukan untuk pejabat yang sudah ada
- f. Mengatur kembali langkah kerja dan prosedur kerja yang berlaku bila terbukti kurang lancar.

Berikut gambar struktur organisasi pabrik Aluminium Oksida kapasitas 760.000 ton/tahun.



Gambar 4.10. Struktur Organisasi

#### 4.6.3. Tugas dan wewenang

##### 1. Pemegang saham

Pemegang saham adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk keperluan pendirian dan berjalannya perusahaan tersebut. Para pemilik saham sebagai pemilik perusahaan. Kekuasaan tertinggi pada perusahaan yang mempunyai bentuk Perseroan Terbatas adalah Rapat Umum Pemegang Saham. Pada rapat tersebut, pemegang saham :

- a. Mengangkat dan memberhentikan dewan komisaris.
- b. Mengangkat dan memberhentikan direktur.
- c. Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung rugi perusahaan (Widjaja, 2003).

##### 2. Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya terhadap maju dan mundurnya perusahaan. Direktur utama bertanggung jawab kepada para dewan komisaris atas segala tindakan dan kebijaksanaan yang telah diambil sebagai pimpinan perusahaan.

Direktur utama membawahi direktur teknik dan produksi direktur administrasi serta direktur umum.

Tugas Direktur utama, antara lain :

Melaksanakan *policy* perusahaan dan mempertanggung jawabkan pekerjaannya kepada para pemegang saham pada akhir masa jabatannya. Menjaga kestabilan organisasi perusahaan dan membuat kontinuitas hubungan yang baik antara pemilik saham, pimpinan, karyawan dan konsumen. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian dengan persetujuan Rapat Umum Pemegang Saham.

Mengkoordinasi kerja sama dengan direktur teknik dan produksi serta direktur keuangan dan umum.

Direktur utama membawahi :

a. Direktur Teknik dan Produksi

Tugas direktur Teknik dan Produksi adalah Bertanggung jawab kepada direktur utama dalam bidang produksi, proses, pemeliharaan, listrik dan instrumentasi, utilitas dan laboratorium. Mengkoordinir, mengatur serta mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala bagian yang menjadi bawahannya.

b. Direktur Administrasi dan umum

Tugas direktur administrasi dan umum adalah bertanggung jawab terhadap masalah - masalah yang berhubungan dengan administrasi, personalia, keuangan, pemasaran, humas, keamanan, dan keselamatan kerja.

c. Staf Ahli

Staf ahli dari tenaga-tenaga ahli yang bertugas membantu direktur dalam melaksanakan tugasnya baik yang berhubungan dengan teknik maupun administrasi. Staf ahli bertanggung jawab kepada direktur utama sesuai dengan bidang keahliannya.

Tugas dan wewenang staf ahli , antara lain :

1. Memberikan nasihat dan saran dalam perencanaan perusahaan.
2. Mengadakan evaluasi dalam bidang teknik dan pemasaran.
3. Memberikan saran-saran pada bidang hukum.

b. Kepala Bagian

Secara umum tugas kepala bagian adalah mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis-garis yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Kepala bagian dapat juga bertindak sebagai staf direktur bersama staf ahli. Kepala bagian ini bertanggung jawab kepada direktur utama. Kepala bagian terdiri dari :

1. Kepala bagian produksi

Tugas : Mengawasi terkait pemakaian bahan baku, pemakaian packing material dengan tujuan meminimalkan pemborosan dan kegagalan proses, menjaga dan mengawasi agar mutu bahan baku dalam proses dan mutu produk yang dihasilkan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.

2. Kepala bagian teknik

Tugas : Bertanggung jawab atas penyediaan mesin untuk keberlangsungan proses terkait peralatan dan kebutuhan listrik untuk kelancaran produksi. Melakukan pengecekan terkait perawatan mesin proses.

3. Kepala bagian penelitian & pengembangan proses & teknologi

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan penelitian, pengembangan proses dan teknologi perusahaan.

4. Kepala bagian lingkungan kesehatan dan keselamatan

Tugas : Bertanggung jawab terhadap keamanan pabrik , kesehatan, dan keselamatan kerja karyawan.

5. Kepala bagian keuangan

Tugas : Bertanggung jawab kepada Direktur administrasi dalam bidang keuangan, serta mengkoordinir kepala-kepala seksi yang menjadi bawahannya.

6. Kepala bagian pemasaran

Tugas : Bertanggung jawab kepada direktur administrasi dalam bidang bahan baku dan pemasaran hasil produksi. Serta mengkoordinir kepala-kepala seksi yang menjadi bawahannya.

7. Kepala bagian umum

Tugas : Bertanggung jawab kepada Direktur Umum dalam bidang transportasi, hubungan masyarakat dan keamanan. Serta mengkoordinir kepala-kepala seksi yang menjadi bawahannya.

8. Kepala bagian HRD

Tugas : Bertanggung jawab kepada Direktur Umum dalam bidang personalia, dan pelatihan tenaga kerja. Serta mengkoordinir kepala-kepala seksi yang menjadi bawahannya.

c. Kepala seksi

Kepala seksi adalah pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan rencana yang telah diatur oleh para kepala bagian masing - masing. Setiap kepala seksi bertanggung jawab terhadap kepala bagian masing - masing sesuai dengan seksinya.

1. Kepala seksi produksi

Tugas :Memimpin langsung serta memantau kelancaran proses produksi.

2. Seksi utilitas dan pengelolaan limbah

Tugas : Melaksanakan dan mengatur sarana utilitas untuk memenuhi kebutuhan proses, kebutuhan air dan uap air. Serta mengatur pengelolaan limbah.

3. Seksi instrumentasi listrik

Tugas : Bertanggung jawab terhadap penyediaan listrik serta kelancaran alat - alat instrumentasi.

4. Seksi perawatan pabrik

Tugas : Bertanggung jawab dalam kegiatan perawatan dan penggantian alat - alat serta fasilitas pendukungnya.

5. Kepala seksi kesehatan & keselamatan kerja

Tugas : Mengurus masalah kesehatan karyawan dan keluarga serta menangani masalah keselamatan kerja di perusahaan.

6. Kepala seksi keuangan

Tugas : Bertanggung jawab terhadap pembukuan serta hal - hal yang berkaitan dengan keuangan perusahaan.

7. Kepala seksi pembelian

Tugas : Melaksanakan pembelian barang dan peralatan yang dibutuhkan perusahaan, serta mengetahui harga pasaran dan mutu bahan baku serta mengatur keluar masuknya bahan dan alat dari gudang.

8. Kepala seksi pemasaran

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan pemasaran produk dan pengadaan bahan baku pabrik.

9. Kepala seksi humas

Tugas : Menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan relasi perusahaan, pemerintah, dan masyarakat.

10. Kepala seksi keamanan

Tugas : Menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan mengawasi langsung masalah keamanan perusahaan.

11. Kepala seksi personalia

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan kepegawaian.

#### 4.7. Rencana Kerja Karyawan

Pabrik Alumina memiliki jumlah pekerja sebanyak 150 orang dan beroperasi selama 24 jam sehari secara kontinyu. Jumlah hari kerja adalah 330 hari selama setahun, sisa hari yang lain digunakan untuk perawatan dan perbaikan. Dalam kerjanya, karyawan dibedakan menjadi dua yaitu karyawan *non shift* dan karyawan *shift*.

1. Karyawan *Non shift*

Karyawan *Non Shift* merupakan karyawan yang tidak langsung mengenai proses produksi, yaitu kepala seksi ke atas, dan semua karyawan bagian umum. Jam kerja yang berlaku bagi karyawan *Non* produksi dalam seminggu adalah 5 hari dengan jumlah kerja maksimum 40 jam per minggu, dan

selebihnya dihitung sebagai lembur. Lembur untuk hari biasa adalah 1,5 kali jam kerja, sedangkan pada hari libur adalah 2 kali jam kerja. Adapun jam kerja untuk karyawan *non* produksi dapat diatur dengan perincian sebagai berikut :

Hari Senin-Jumat : jam 08.00 – 17.00 WIB

Hari Sabtu : Libur

Sedangkan untuk jam istirahat diatur sebagai berikut :

Selain hari jumat : jam 12.00 – 13.00 WIB

Hari Jumat : jam 11.30 – 13.00 WIB

Hari Minggu dan hari libur nasional semua karyawan *Non Shift* libur.

## 2. Karyawan *Shift*

Merupakan karyawan yang secara langsung menangani dan terlibat dalam proses produksi atau mengatur bagian-bagian tertentu dari pabrik yang mempunyai hubungan dengan masalah keamanan pabrik serta kelancaran produksi.

Tabel 4.19. Perhitungan Jumlah Karyawan di Bagian Produksi

No	Nama Alat	Jumlah Alat	Tenaga Kerja per Alat	Jumlah Tenaga Kerja
1	Reaktor (RATB) 1	2	0,5	1
2	Reaktor (RATB) 2	1	0,5	0,5
3	Rotary Kiln	1	0,5	0,5
4	Thickener	3	0,5	1,5
5	Furnace	1	0,5	0,5
6	Rotary Drum Vacuum Filter (RDVF)	1	0,5	0,5
7	Rotary Cooler (RC)	1	0,5	0,5
8	Tangki (T-01)	4	0,25	1
9	Hopper (H-01)	1	0,25	0,25
10	Heater (HE-01)	1	0,25	0,25

11	Cooler (CL-01)	1	0,25	0,25
12	Pompa (P-01)	1	0,25	0,25
13	Pompa (P-02)	1	0,25	0,25
14	Pompa (P-03)	1	0,25	0,25
15	Pompa (P-04)	1	0,25	0,25
16	Pompa (P-05)	1	0,25	0,25
17	Pompa (P-06)	1	0,25	0,25
18	Pompa (P-07)	1	0,25	0,25
19	Pompa (P-08)	1	0,25	0,25
Total				8,25

Tabel 4.20. Perhitungan Jumlah Karyawan di Bagian Utilitas

No	Nama Alat	Jumlah Alat	Tenaga Kerja per Alat	Jumlah Tenaga Kerja
1	Cooling Tower (CT-01)	1	0,5	0,5
2	Penukar Kation (TK-01)	1	0,25	0,25
3	Penukar Anion (TA-01)	1	0,25	0,25
4	Deaerator (DE-01)	1	0,25	0,25
5	Boiler (BFW)	1	0,5	0,5
6	Kompresor Udara (KU)	1	0,25	0,25
7	Generator (GU-01)	1	0,25	0,25
8	Pompa Utilitas (PU-01)	1	0,25	0,25
9	Pompa Utilitas (PU-02)	1	0,25	0,25
10	Pompa Utilitas (PU-03)	1	0,25	0,25
11	Pompa Utilitas (PU-04)	1	0,25	0,25
12	Pompa Utilitas (PU-05)	1	0,25	0,25
13	Pompa Utilitas (PU-06)	1	0,25	0,25

14	Pompa Utilitas (PU-07)	1	0,25	0,25
Total				4

Sistem kerja bagi karyawan produksi diatur menurut pembagian *shift* dan dilakukan secara bergiliran. Hal ini dilakukan karena tempat pada proses produksi memerlukan kerja rutin selama 24 jam secara terus menerus. Pembagian *shift* dilakukan dalam 4 regu, dimana 3 regu mendapat giliran *shift* sedangkan 1 regu libur. Adapun jam kerja shift dalam 1 hari diatur dalam 3 shift sebagai berikut :

*Shift* I : Pukul 07.00 – 15.00 WIB

*Shift* II : Pukul 15.00 – 23.00 WIB

*Shift* III : Pukul 23.00 – 07.00 WIB

Jam kerja *shift* berlangsung selama 8 jam sehari dan mendapat pergantian *shift* setiap 3 hari kerja dan 1 hari libur. Pada Hari Minggu dan hari libur hari besar semua karyawan *shift* tidak libur sedangkan tempat-tempat khusus, seperti bagian keamanan, bagian proses kontrol, dan utilitas juga dilakukan pembagian kerja yang diatur dalam pembagian *shift* seperti yang telah diatur di atas dan seluruh karyawan mendapat cuti selama 12 hari tiap tahunnya.

Tabel 4.21. Jadwal Kerja Karyawan shift

REGU	HARI											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	I	I	I		II	II	II		III	III	III	
B		II	II	II		III	III	III		I	I	I
C	II		III	III	III		I	I	I		II	II
D	III	III		I	I	I		II	II	II		III

REGU	HARI											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
A	I	I	I		II	II	II		III	III	III	
B		II	II	II		III	III	III		I	I	I
C	II		III	III	III		I	I	I		II	II
D	III	III		I	I	I		II	II	II		III

Keterangan :

1,2,3,4 dst : hari ke-

A, B, C, dst : kelompok kerja *shift*

: libur

I : pukul 07.00 - 15.00 WIB

II : pukul 15.00 - 23.00 WIB

III : pukul 23.00 - 07.00 WIB

#### 4.7.1. Jumlah Tenaga Kerja

Jumlah tenaga kerja disesuaikan dengan kebutuhan, agar pekerjaan dapat diselesaikan secara efektif. Jumlah tenaga kerja yang direncanakan untuk pabrik Aluminium Oksida adalah

Tabel 4.22. Rincian jumlah karyawan non shift

No.	Jabatan	Jumlah
1	Direktur Utama	1
2	Sekretaris Direktur Utama	1
3	Direktur	2
4	Sekretaris Direktur	2
5	Kepala Bagian (Kabag)	7
6	Kepala Seksi (Kasi)	22
7	Staff	24

8	Laboran	3
9	Dokter	2
10	Suster	3
11	Apoteker	1
12	<i>Driver</i>	4
13	<i>Cleaning Service</i>	5
Jumlah karyawan		77

Tabel 4.23. Rincian jumlah karyawan shift

No.	Bagian	Jumlah
1.	Satpam	8
2.	Proses dan Utilitas	49
3.	<i>Control room</i>	8
4.	<i>Quality Control</i>	8
Jumlah karyawan		73

$$\begin{aligned}
 \text{Total karyawan} &= \text{Karyawan non shift} + \text{Karyawan shift} \\
 &= 77 \text{ orang} + 73 \text{ orang} \\
 &= 150 \text{ orang}
 \end{aligned}$$

#### 4.7.2. Sistem Penggajian Karyawan

1. Sistem penggajian yang berlaku bagi para karyawan adalah sistem yang berupa gaji bulanan yang diberikan setiap awal bulan sekali dengan besarnya gaji didasarkan atas ketentuan sebagai berikut:
  - a. Jabatan atau golongan
  - b. Tingkat Pendidikan
  - c. Pengalaman Kerja
  - d. Keahlian

#### 5. Fasilitas dan Jaminan Sosial

Untuk meningkatkan kesejahteraan para karyawan maka perusahaan selain memberikan gaji bulanan juga memberikan fasilitas dan jaminan berikut:

- a. Tunjangan istri/ suami sebesar 25% dari gaji pokok
  - b. Tunjangan anak sebesar 2 % dari gaji pokok
  - c. Cuti selama 12 hari tiap tahun dan mendapat uang cuti sebesar 1 bulan gaji.
6. Fasilitas dinas yang diberikan pada karyawan atau pimpinan perusahaan sesuai dengan kemajuan dan keuntungan dari perusahaan.
- a. Fasilitas air bersih
  - b. Fasilitas kesehatan bagi karyawan, istri atau suami dan anak
  - c. Memberikan pakaian kerja 2 buah lengkap dengan alat-alat untuk perlindungan terhadap keselamatan kerja sebanyak 1 kali dalam setahun.
  - d. Fasilitas transportasi berupa bus pegawai bagi karyawan yang rumahnya jauh dari lokasi
  - e. Fasilitas peribadatan berupa masjid di lingkungan perusahaan
  - f. Memberikan uang bonus tiap tahun yang besarnya disesuaikan dengan keuntungan perusahaan dan memberikan uang tunjangan hari raya.
  - g. Memberikan asuransi kepada karyawan berupa asuransi kesehatan, asuransi kecelakaan, dan asuransi hari tua.

Tabel 4.24. Rincian Gaji Karyawan Sesuai Jabatan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji	Gaji	Gaji
			(/orang/bulan)	(/bulan)	(/tahun)
1.	Direktur Utama	1	Rp 50.000.000	Rp 50.000.000	Rp 600.000.000
2.	Direktur Produksi & Teknik	1	Rp 40.000.000	Rp 40.000.000	Rp 480.000.000
3.	Direktur Administrasi & Umum	1	Rp 40.000.000	Rp 40.000.000	Rp 480.000.000
4.	Sekretaris direktur utama	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000	Rp 180.000.000
5.	Ka. Bag. Produksi	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000	Rp 240.000.000
6.	Ka. Bag. Teknik	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000	Rp 240.000.000
7.	Ka. Bag. Pemasaran	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000	Rp 240.000.000
8.	Ka. Bag. Keuangan dan administrasi	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000	Rp 240.000.000
9.	Ka. Bag. Umum	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000	Rp 240.000.000
10.	Ka. Bag. HRD	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000	Rp 240.000.000
11.	Sek. Proses	1	Rp 18.000.000	Rp 18.000.000	Rp 216.000.000
12.	Sek. Quality Control	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000	Rp 180.000.000

13.	Sek. Laboratorium (R&D)	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000	Rp 180.000.000
14.	Sek. Pemeliharaan	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000	Rp 180.000.000
15.	Sek. Utilitas	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000	Rp 180.000.000
16.	Sek. Pembelian	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 120.000.000
17.	Sek. Pemasaran	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 120.000.000
18.	Sek. Administrasi	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 120.000.000
19.	Sek. Logistik	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000	Rp 180.000.000
20.	Sek. Control room	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000	Rp 180.000.000
21.	Sek. Personalia	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000	Rp 180.000.000
22.	Sek. Keamanan	1	Rp 14.000.000	Rp 14.000.000	Rp 168.000.000
23.	Sek. K3	1	Rp 14.000.000	Rp 14.000.000	Rp 168.000.000
24.	Sek. Pengembangan	1	Rp 14.000.000	Rp 14.000.000	Rp 168.000.000
25.	Sek. Pelatihan TK	1	Rp 14.000.000	Rp 14.000.000	Rp 168.000.000
25.	Sek. Transportasi	1	Rp 14.000.000	Rp 14.000.000	Rp 168.000.000

26.	Sek. Perawatan	1	Rp 14.000.000	Rp 14.000.000	Rp 168.000.000
27.	Sek. Pengembangan	1	Rp 14.000.000	Rp 14.000.000	Rp 168.000.000
28.	Sek. Humas	1	Rp 14.000.000	Rp 14.000.000	Rp 168.000.000
29.	Sek. Keuangan	1	Rp 14.000.000	Rp 14.000.000	Rp 168.000.000
30.	Sek. Gudang	1	Rp 14.000.000	Rp 14.000.000	Rp 168.000.000
31.	Sek. Analisa pasar	1	Rp 14.000.000	Rp 14.000.000	Rp 168.000.000
32.	Karyawan Proses	8	Rp 7.000.000	Rp 56.000.000	Rp 672.000.000
33.	Karyawan Pengendalian	6	Rp 7.000.000	Rp 42.000.000	Rp 504.000.000
34.	Karyawan Laboratorium	3	Rp 7.000.000	Rp 21.000.000	Rp 252.000.000
35.	Karyawan Pemeliharaan	3	Rp 7.000.000	Rp 21.000.000	Rp 252.000.000
36.	Karyawan Utilitas	3	Rp 7.000.000	Rp 21.000.000	Rp 252.000.000
37.	Karyawan Pembelian	3	Rp 7.000.000	Rp 21.000.000	Rp 252.000.000
38.	Karyawan Pemasaran	3	Rp 7.000.000	Rp 21.000.000	Rp 252.000.000
39.	Karyawan Administrasi	3	Rp 7.000.000	Rp 21.000.000	Rp 252.000.000

40.	Karyawan Kas	3	Rp 7.000.000	Rp 21.000.000	Rp 252.000.000
41.	Karyawan Personalia	2	Rp 7.000.000	Rp 14.000.000	Rp 168.000.000
42.	Karyawan Humas	3	Rp 7.000.000	Rp 21.000.000	Rp 252.000.000
43.	Karyawan Keamanan	8	Rp 5.000.000	Rp 40.000.000	Rp 252.000.000
44.	Karyawan K3	4	Rp 7.000.000	Rp 28.000.000	Rp 336.000.000
45	Karyawan Litbang	2	Rp 7.000.000	Rp 14.000.000	Rp 168.000.000
46	Operator	15	Rp 7.000.000	Rp 105.000.000	Rp 1.260.000.000
47	Supir	4	Rp 5.000.000	Rp 20.000.000	Rp 240.000.000
48	Apoteker	2	Rp 7.000.000	Rp 14.000.000	Rp 168.000.000
49	<i>Cleaning service</i>	5	Rp 3.000.000	Rp 15.000.000	Rp 180.000.000
50	Dokter	2	Rp 7.000.000	Rp 14.000.000	Rp 168.000.000
51	Perawat	3	Rp 3.000.000	Rp 9.000.000	Rp 108.000.000
		117	Rp 700.000.000	Rp 1.111.000.000	Rp 13.104.000.000

#### 4.8. Evaluasi Ekonomi

Evaluasi ekonomi digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan apakah pabrik layak didirikan atau tidak. Tingkat profitabilitas dan kelayakkan pabrik dapat diketahui melalui perhitungan *Return On Investment* (ROI), *Pay Out Time* (POT), *Break Event Point* (BEP), dan *Shut Down Point* (SDP), serta *Interest* (i) pada perhitungan *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR).

Kurs mata uang diambil pada tanggal 21 Agustus 2020

$$1 \text{ USD} = \text{Rp } 14.739,00$$

Sebelum dilakukan analisa terhadap kelima faktor tersebut, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap beberapa hal sebagai berikut :

1. Penentuan modal industry (*Total Capital Investment*) Meliputi :
  - a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
  - b. Modal kerja (*Working Capital Investment*)
2. Penentuan biaya produksi total (*Total Production Cost*) Meliputi :
  - a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)
  - b. Biaya pengeluaran umum (*General Expense*)
3. Pendapatan modal

Untuk mengetahui titik impas, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap:

- a. Biaya tetap (*Fixed Cost*)
- b. Biaya variable (*Variavle Cost*)
- c. Biaya mengambang (*Regulated Cost*)

##### 4.8.1. Harga Alat

Harga peralatan akan berubah setiap saat tergantung pada kondisi ekonomi yang mempengaruhinya. Untuk mengetahui harga peralatan yang pasti setiap tahun sangatlah sulit, sehingga diperlukan suatu metode atau cara untuk memperkirakan harga alat pada tahun tertentu dan perlu diketahui terlebih dahulu harga indeks peralatan operasi pada tahun tersebut. Pabrik *Aluminium Oksida* beroperasi selama satu tahun produksi yaitu 330 hari, dan tahun evaluasi

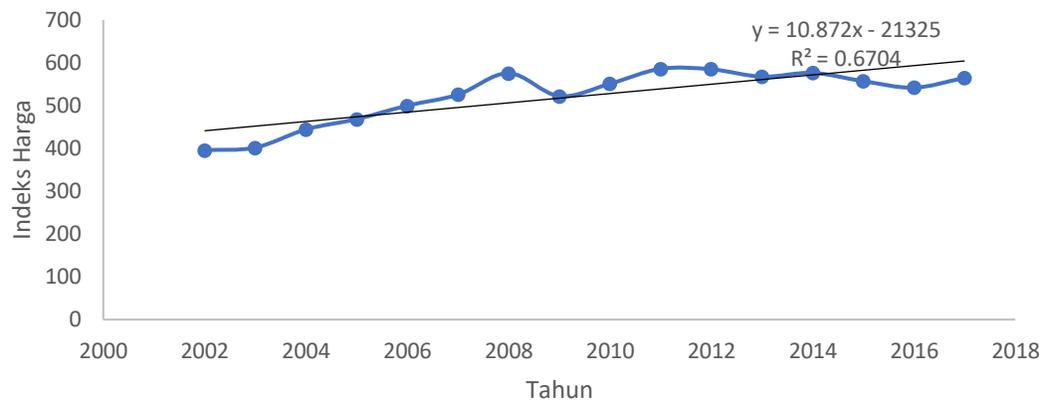
pada tahun 2023. Di dalam analisis ekonomi harga-harga alat maupun harga-harga lain diperhitungkan pada tahun analisis. Untuk mencari harga pada tahun analisis, maka dicari indeks pada tahun analisa. Harga indeks tahun 2023 diperkirakan secara garis dengan data indeks dari tahun 2002 sampai 2023, dicari dengan persamaan regresi linier.

Tabel 4.25 Index Harga Alat

No	(Xi)	Indeks (Yi)
1	2002	395,6
2	2003	401,7
3	2004	444,2
4	2005	468,2
5	2006	499,6
6	2007	525,4
7	2008	575,4
8	2009	521,9
9	2010	550,8
10	2011	585,7
11	2012	584,6
12	2013	567,3
13	2014	576,1
14	2015	556,8
15	2016	541,7
16	2017	564,5

([www.chemengonline.com/pci](http://www.chemengonline.com/pci))

Berdasarkan data tersebut, maka persamaan regresi linier yang diperoleh adalah  $y = 10.872 x - 21.325$ . Pabrik *Aluminium Oksida* dengan kapasitas 760.000 ton/tahun akan dibangun pada tahun 2023, berikut adalah grafik hasil plotting data:



Gambar 4.11. Tahun vs Index harga

Berdasarkan data tersebut, maka persamaan regresi linier yang diperoleh adalah  $y = 10.872x - 21.325$ . Pabrik *Aluminium Oksida* dengan kapasitas 760.000 ton/tahun akan dibangun pada tahun 2023, maka persamaan regresi linier diperoleh indeks sebesar 669.056.

Harga-harga alat dan lainnya diperhitungan pada tahun evaluasi. Selain itu, harga alat dan lainnya ditentukan juga dengan referensi Peters dan Timmerhaus, pada tahun 1990 dan Aries & Newton, pada tahun 1955. Maka harga alat pada tahun evaluasi dapat dicari dengan persamaan :

Dalam Hubungan ini : (Aries & Newton, 1955)

Ex : Harga pada tahun pembelian (2014)

Ey : Harga pada tahun referensi (2014)

Nx : Index harga pada tahun pembelian (2023)

Ny : Index harga pada tahun referensi (2014)

Berdasarkan rumus tersebut, maka didapatkan hasil perhitungan alat sebagai berikut :

Tabel 4.26. Alat Proses

<b>Nama Alat</b>	<b>Kode Alat</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Harga Total</b>
Reaktor digestion-01	R-01	1	\$ 126.936
Reaktor digestion-02	R-02	1	\$ 126.936
Reaktor Presipitation -03	R-03	1	\$ 41.809
Rotary Kiln	RK-01	1	\$ 529.229
Rotary Cooler	RC-01	1	\$ 270.572
Thickener	TH-01	3	\$ 2.000.000
Rotary Drum Vacuum Filter	RDVF-01	1	\$ 131.001
Gudang Bauksit	GD-01	1	\$ 370.936
Tangki NaOH	T-01	4	\$ 677.302
Hopper	H-01	1	\$ 16.259
Silo	S-01	1	\$ 12.543
Heater 01	HE-01	1	\$ 54.584
Cooler 01	CL-01	1	\$ 521.332
Blower	BL-01	1	\$ 10.452
Blower	BL-02	1	\$ 10.452
Screw Conveyor	SC-01	1	\$ 9.639
Screw Conveyor	SC-02	1	\$ 9.639
Belt Conveyor	BC-01	1	\$ 9.755
Belt Conveyor	BC-02	1	\$ 9.755
Belt Conveyor	BC-03	1	\$ 9.755
Pompa 01	P-01	1	\$ 13.965
Pompa 02	P-02	1	\$ 6.446
Pompa 03	P-03	1	\$ 5.694
Pompa 04	P-04	2	\$ 21.485
Pompa 05	P-05	1	\$ 13.429
Pompa 06	P-06	1	\$ 10.206
Pompa 07	P-07	1	\$ 4.942
Pompa 08	P-08	1	\$ 10.421
Total		34	\$ 5.358.182

Tabel4.27. Alat Utilitas

<b>Nama Alat</b>	<b>Kode Alat</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Total Harga</b>
Bak Pengendap Awal	BU-01	1	\$ 1.742
Bak Pencampur Cepat	BU-02	1	\$ 1.742
Clarifier	CL-01	1	\$ 1.742
Saringan Pasir	SF-01	1	\$ 8.013
Bak Air Bersih	BU-03	1	\$ 1.742
Bak Air Minum	BU-04	1	\$ 1.742
Tangki NaCl	TU-05	1	\$ 10.957
Tangki NaOH	TU-04	1	\$ 26.856
Penukar Kation	TK-01	2	\$ 214.850
Penukar Anion	TA-01	2	\$ 214.850
Tangki Umpan Boiler	D-01	1	\$ 42.970
Cooling Tower	CT-01	1	\$ 11.265
Tangki Kondensat	TU-06	1	\$ 4.297
Boiler	BLU-01	1	\$ 225.593
Kompresor Udara	KU-01	1	\$ 41.337
Tangki Silika	TU-02	1	\$ 18.981
Tangki Udara Tekan	TU-03	1	\$ 36.024
Tangki Bahan Bakar	TU-01	1	\$ 39.017
Furnace	F-01	1	\$ 3.935
Pompa 1	PU-01	1	\$ 39.370
Pompa 2	PU-02	1	\$ 36.350
Pompa 3	PU-03	1	\$ 36.350
Pompa 4	PU-04	1	\$ 36.350
Pompa 5	PU-05	1	\$ 36.350
Pompa 6	PU-06	1	\$ 36.350
Pompa 7	PU-07	1	\$ 11.962
Total			\$ 1.140.741

#### 4.8.2. Fixed Capital Investment (FCI)

*Fixed Capital Investment* adalah investasi untuk mendirikan fasilitas produksi dan pembuatannya. FCI sebesar Rp 398.655.600.054,72 dan \$ 27.047.669,45

Tabel 4.28. Tabel Fixed Capital Investment

Komponen	\$	Rp
Investasi pabrik langsung	22.539.725	332.213.000.046
Upah Kontraktor (10% DPC)	2.253.972	33.221.300.005
Biaya tak terduga (10% DPC)	2.253.972	33.221.300.005
Investasi Modal Tetap	27.047.669	398.655.600.055

#### 4.8.3. Working Capital (WC)

*Working Capital* adalah investasi yang diperlukan untuk menjalankan usaha/modal dari suatu pabrik selama 10 tahun. WC sebesar Rp 2.375.569.601.587 dan \$ 161.175.765,08

Tabel4.29. Tabel Working Capital

Perihal	\$	Rp
Inventory Bahan Baku	19.999.882	294.778.262.868
Inventory Bahan dalam Proses	22.222.183	327.532.754.527
Inventory Produk	14.814.789	218.355.169.684
Kredit Perluasan	59.694.545	879.837.905.455
Persediaan Tunai	44.444.366	656.065.509.053
Total Investasi Modal Kerja	161.175.765	2.375.569.601.587

#### 4.8.4. Biaya Produksi

##### a) *Manufacturing Cost*

*Manufacturing Cost* adalah biaya yang berhubungan secara langsung dengan proses produksi.

*Manufacturing Cost* sebesar Rp 2.401.906.866.528

Tabel4.30. Tabel Total Manufacturing Cost

Komponen	\$	Rp
Biaya Pengolahan Langsung	114.410.115	1.686.290.692.238
Biaya Pengolahan Tidak Langsung	45.020.698	663.560.064.000
Biaya Pengolahan Tetap	3.531.862	52.056.110.290
Biaya Pengolahan	162.962.675	2.401.906.866.528

b) *General Expenses*

*General Expenses* adalah pengeluaran umum pabrik yang tidak berhubungan langsung dengan proses produksi, seperti biaya administrasi, laboratorium, dan *research*. *General Expenses* sebesar Rp 519.293.175.375

Tabel4.31. Tabel General Expenses

Perihal	Rp
Administrasi	96.076.274.661
Sales dan Promosi	120.095.343.326
Penelitian dan Pengembangan	192.152.549.322
Finansial	110.969.008.066
Total Investasi Modal Kerja	519.293.175.375

4.8.5. Analisis Kelayakan

a. Laba

Laba yang diperoleh sebelum pajak pertambahan nilai (PPN) yang besarnya 50% adalah sebesar Rp 304.872.278.096,70 per tahun, dan laba yang diperoleh setelah pajak sebesar Rp 152.436.139.048,00 per tahun (Dirjen pajak P.6).

b. *Return on Investment (ROI)*

*Return on Investment* adalah perkiraan keuntungan yang dapat diperoleh setiap tahun berdasarkan kecepatan pengembalian modal yang diinvestasikan.

ROI sebelum pajak :

$$\begin{aligned} \text{ROI} &= \frac{\text{Keuntungan sebelum pajak} \times 100\%}{\text{Fixed Capital}} \\ &= \frac{\text{Rp } 304.872.278.096,70 \times 100\%}{\text{Rp } 398.655.600.054,72} \\ &= 76\% \end{aligned}$$

ROI sesudah pajak :

$$\begin{aligned} \text{ROI} &= \frac{\text{Keuntungan sesudah pajak} \times 100\%}{\text{Fixed Capital}} \\ &= \frac{\text{Rp } 152.436.139.048,00 \times 100\%}{\text{Rp } 398.655.600.054,72} \\ &= 38\% \end{aligned}$$

Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah minimum adalah 11% dan syarat ROI setelah pajak maksimum adalah 44%. Nilai ini lebih besar dari ROI minimum sebelum pajak yang dapat diterima yaitu 11% untuk pabrik resiko rendah (Aries and Newton, 1955).

c. *Pay out Time* (POT)

*Pay out Time* adalah waktu yang dibutuhkan (dalam tahun) untuk pengembalian modal tetap yang ditanamkan atas dasar keuntungan setiap tahun setelah ditambah dengan penyusutan.

POT sebelum pajak :

$$\begin{aligned} \text{POT} &= \frac{\text{Fixed Capital}}{\text{Keuntungan sebelum pajak} + \text{Depresiasi}} \\ &= \frac{\text{Rp } 398.655.600.054,72}{\text{Rp } 304.872.278.096,70 + \text{Rp } 39.865.560.005,47} \\ &= 1,16 \text{ tahun} \end{aligned}$$

POT sesudah pajak :

$$\text{POT} = \frac{\text{Fixed Capital}}{\text{Keuntungan sesudah pajak} + \text{Depresiasi}}$$

$$= \frac{Rp\ 398.655.600.054,72}{Rp\ 152.436.139.048,00 + Rp\ 39.865.560.005,47}$$

$$= 2,07 \text{ tahun}$$

d. *Break Even Point* (BEP)

*Break Even Point* adalah kondisi di mana perusahaan hanya mampu menjual (%) kapasitas produk yang dimaksud dan hasil penjualannya hanya mampu untuk membayar biaya pengeluaran total sehingga pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun menderita kerugian.

BEP yang dapat diterima adalah 40% - 60%

$$\text{BEP} = \frac{Fa + 0.3 Ra}{Sa - Va - 0.7Ra} \times 100\%$$

$$= \frac{Rp52.056.110.290 + 0.3 \times Rp570.653.412.978}{Rp3.226.072.320.000 - Rp2.298.490.518.635 - 0.7 \times Rp570.653.412.978} \times 100\%$$

$$= 42,27\%$$

BEP diperoleh pada 42,27% dari kapasitas produksi

e. *Shut Down Point* (SDP)

*Shut Down Point* adalah kondisi di mana hasil penjualan produk pada (%) kapasitas yang dimaksud hanya mampu untuk membayar *Fixed Cost* dan tidak mampu membayar pengeluaran yang lain sehingga lebih baik pabrik tutup.

$$\text{SDP} = \frac{0.3 Ra}{Sa - Va - 0.7Ra} \times 100\%$$

$$= \frac{0.3 \times Rp570.653.412.978}{Rp3.226.072.320.000 - Rp2.298.490.518.635 - 0.7 \times Rp570.653.412.978} \times 100\%$$

$$= 32,42\%$$

SDP terjadi pada 32,42 % dari kapasitas produksi.

f. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR)

*Discounted Cash Flow Rate* merupakan sistem perhitungan tingkat suku bunga usaha dari penerimaan berupa *cash flow* yang dihitung secara periodik per 1 tahun dengan sistem bunga berganda selama masa servis (10 tahun umur pabrik) secara *future to present* dari modal yang

ditanamkan. Dari hasil analisis, DCFR yang diperoleh sebesar 30%.

Umur pabrik = 10 tahun

*Salvage value* = Rp 39.865.560.005

*Cash flow* = *Annual profit* + depresiasi + *finance*

=Rp 152.436.139.048 + Rp 39.865.560.005,47 + Rp 110.969.008.065,66

= Rp 303.270.707.119

Dengan *trial & error* diperoleh nilai I : 0,1229

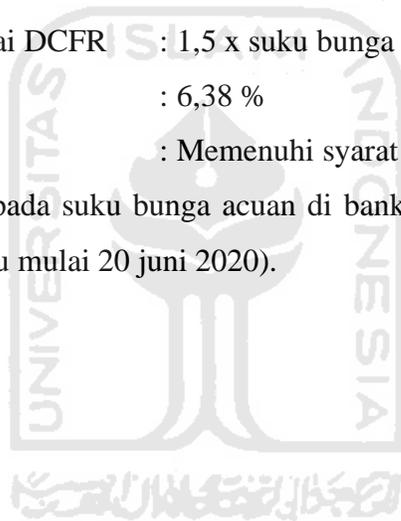
DCFR : 12,29 %

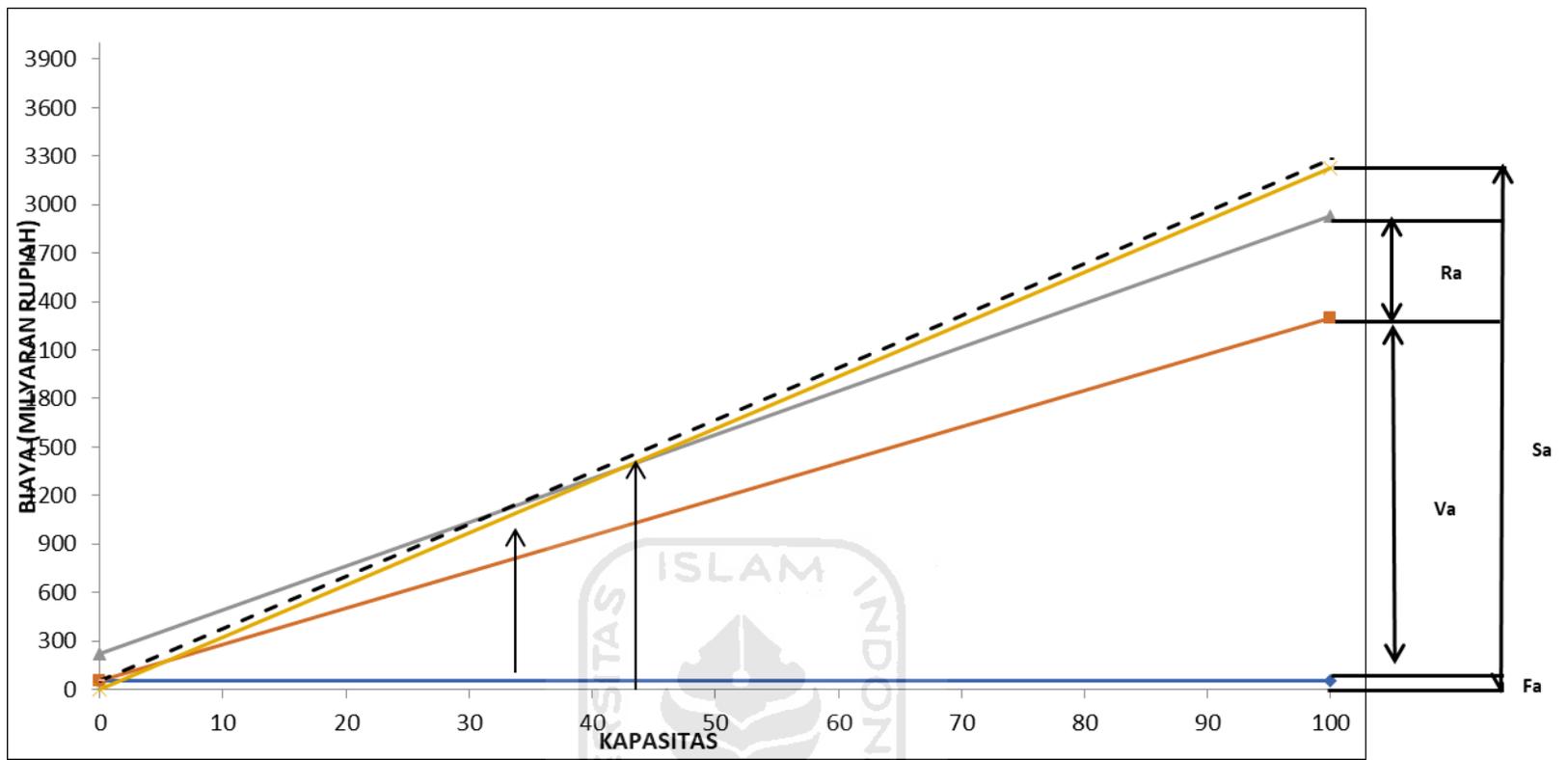
Minimum nilai DCFR : 1,5 x suku bunga acuan bank

: 6,38 %

Kesimpulan : Memenuhi syarat

(Didasarkan pada suku bunga acuan di bank Indonesia saat ini adalah 4,25% berlaku mulai 20 juni 2020).





**Gambar 4.12. Grafik BEP dan SDP**

Keterangan :

- |     |                                              |     |                                           |
|-----|----------------------------------------------|-----|-------------------------------------------|
| Fa  | = Biaya tetap ( <i>Fixed cost</i> )          | Va  | = Biaya variabel ( <i>Variabel Cost</i> ) |
| Ra  | = Biaya Mengambang ( <i>Regulated Cost</i> ) | Sa  | = Penjualan ( <i>Sales</i> )              |
| BEP | = Titik Impas ( <i>Break Event Point</i> )   | SDP | = <i>Shut Down Point</i>                  |

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1. Kesimpulan

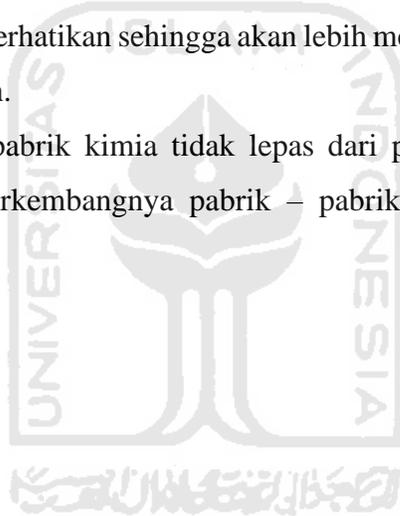
1. Dari hasil peninjauan secara teknik yang meliputi pengadaan alat-alat produksi, penerapan teknologi, pengadaan bahan baku, proses produksi, hasil produksi, dan tenaga kerja, maka Pabrik Alumina dari Bauksit dan Sodium Hidroksida dengan kapasitas 760.000 ton per tahun menarik untuk dikaji lebih lanjut.
2. Ditinjau dari segi ekonomi dengan melihat beberapa indikator penting dalam kelayakan ekonomi sebagai berikut :
  - a. *Fixed Capital Investment* (FCI) = Rp 398.655.600.054,72 dan \$ 27.047.669,45
  - b. *Working Capital* (WC) = Rp2.375.569.601.587 dan \$ 161.175.765,08
  - c. *Return On Investment* (ROI)
    - ROI sebelum pajak sebesar 76 %
    - ROI sesudah pajak sebesar 38 %.
  - d. *Pay Out Time* (POT)
    - POT sebelum pajak adalah 1,16 tahun
    - POT sesudah pajak adalah 2,07 tahun.
  - e. *Break Even Point* (BEP) = 42,27 %
  - f. *Shut Down Point* (SDP) = 32,42 %
  - g. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) = 12,29 %Maka dapat disimpulkan bahwa pabrik ini layak untuk dipertimbangkan.
5. Ditinjau dari segi proses, sifat – sifat bahan baku, kondisi operasi, dan evaluasi kelayakan, maka pabrik Aluminium oksida dengan kapasitas 760.000

ton/tahun ini tergolong pabrik beresiko rendah serta layak untuk didirikan dan dikaji lebih lanjut.

## 5.2. Saran

Perancangan suatu pabrik kimia diperlukan pemahaman konsep – konsep dasar yang dapat meningkatkan kelayakan pendirian suatu pabrik kimia diantaranya sebagai berikut :

1. Optimasi pemilihan seperti alat proses atau alat penunjang dan bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan lebih mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.
2. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik – pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan.

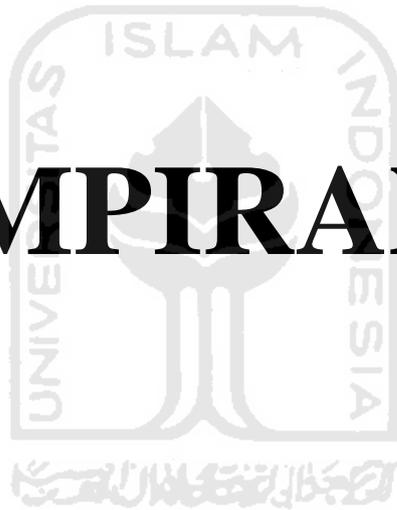


## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim<sup>3</sup>, 2018, “*Matches Practices and Cost Engineering to Develop Ideas for Tomorrow*”, [Online]. Available: <http://www.matche.com>. Diakses tanggal 15 Oktober 2020
- Aries, R.S., and Newton, R.D., 1955, “*Chemical Engineering Cost Estimation*”, 1<sup>st</sup> ed., Mc Graw Hill Book Co, New York
- Badan Pusat Statistik, 2018, “*Data Import Export*”, Yogyakarta
- Brownel, L.E., and Young, E.H., 1959, “*Proces Equipment Design*. John Wiley & Sons”, New York
- ESDM, 2012, “*Kajian Kebijakan Pengembangan Industri Mineral Sebagai Kawasan Ekonomi Khusus*”, Jakarta
- Ghababazade, R., Mirhabibi, A., Pourasad, J., Brown, A., Brydson, A., dan Amiri, M.J., 2007, “*Study of the phase composition and stability of explosive synthesis nanosized Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>*”, *Journal Surface Science*. 601:2864
- Irmawaty, S., Edia, R., dan I Made, B., 2009, “*Kinetika Reaksi pada Pembuatan Glifosat dari N – PMIDA (Neophosphonomethyl Iminodiacetic Acid) dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dengan Katalisator Pd/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>*”, *Jurnal Rekayasa Proses*, 3(2)
- Joseph L. Anjier, 1985, “*Bayer Process Production of Alumina Hydrate*”, Kaiser Aluminium & Chemical Corporation, Oakland, California
- Kirk, R.E. and Othmer, D.F., 1997, “*Encyclopedia of Chemical Technology*”, 3rd ed., Vol 4, The Inter Science Encyclopedia, Inc., New York
- Manufacture of Alumina from Bauxite, <http://manufacture-of-alumina-from-bauxite.html> diakses pada tanggal 24 juni 2020 pukul 13.25 WIB
- Muchtar Aziz dan Husaini., 2013, “*Teknologi Pemrosesan Bauksit*”, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara, Bandung

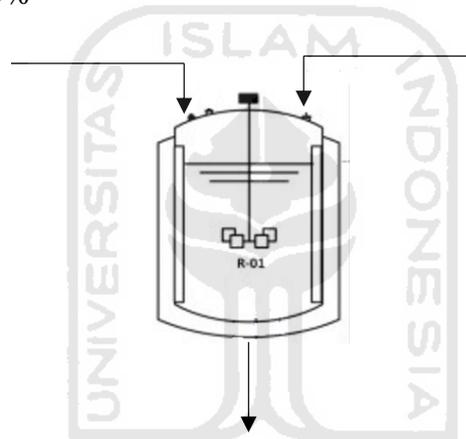
- Perry, R.H., and Green, D.W., 1999, "*Perry's Chemical Engineering Hand Book*", 7<sup>th</sup> ed, Mc. Graw Hill Book Company, New York
- PT. Asahimas Chemical, 2017, "MSDS Caustic Soda", Diakses dari <https://www.asc.co.id/> , pada 23 mei 2020, 13.15 WIB
- Rase, H.F., 1977, "Chemical Reactor Design", John Willey and Sons, vol 1, New York
- Senyuta, A. (2013), "*Innovative Technology for Alumina Production from Low – Grade Raw Material*", *Light Metal* , 203 – 208
- Seecharran, K. R. (2010), "*Bayer Process Chemistry*", 1 – 7
- Sularso dan Tahara, H., 1991, "Pompa dan Kompresor", cetakan ke-4, PT.Pradnya Paramitha, Jakarta
- Thebauxiteindex diakses dari [www.thebauxiteindex.com](http://www.thebauxiteindex.com), diakses pada 20 April 2020, 14.00 WIB
- Vilbrandt, F.C., and Dyden, C.E., 1959, "*Chemical Engineering Plant Design*", 4 th ed, Mc. Graw-Hill book Kogakusha Ltd, Tokyo
- Widjaja, G., 2003, "Perseroan Terbatas" , PT. Raja Grafindo Persada, Jakarta
- <http://www.chemengonline.com> , diakses pada tanggal 5 Oktober 2020 pukul 09.15 WIB

# LAMPIRAN A



## REAKTOR

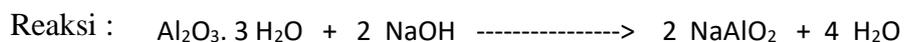
Jenis	= Reaktor alir tangka Berpengaduk (RATB)
Fase	= Padat – Cair
Bentuk	= Tangki Silinder
Bahan	= Stainless Steel SA – 193 Grade B16
Suhu Operasi	= 140 °C
Tekanan	= 4 atm
Waktu Tinggal	= 0,5 menit = 0,0084 jam
Konversi	= 99%



### A. Proses yang terjadi pada reaktor (Digestion)

Didalam reaktor digestion terjadi reaksi antara bauksit dan larutan natrium hidroksida. Perbandingan mol Bauksit : NaOH = 1 : 2 dan menghasilkan konversi sebesar 99%, menghasilkan Sodium Aluminat ( $\text{NaAlO}_2$ ) dalam fase cair. Tidak ada reaksi samping yang terjadi, karena pengotor dalam bauksit ( $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) cenderung inert. Reaksi bersifat eksotermis (melepaskan panas) maka untuk menjaga suhu ditambahkan jaket pendingin pada reaktor.

### B. Kinetika Reaksi R – 01



a

b

c

d

## Persamaan Laju Reaksi

Reaksi berorde 2 secara keseluruhan

(<http://manufacture-of-alumina-from-bauxite.html>).

$$(-r_A) = k \cdot C_A \cdot C_B$$

Dengan :

$$(-r_A) = \text{laju reaksi Al}_2\text{O}_3, \text{ kmol/m}^3 \cdot \text{jam}$$

$$k = \text{konstanta laju reaksi, m}^3/\text{kmol} \cdot \text{jam}$$

$$C_A = \text{konsentrasi Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}, \text{ kmol/m}^3$$

$$M = \frac{C_{B0}}{C_{A0}} \quad C_B = \text{konsentrasi NaOH}, \text{ kmol/m}^3$$

Berdasarkan referensi disebutkan :

1. Konversi sebesar = 99 %
2. Reaksi berlangsung dalam reaktor alir tangki berpengaduk

Menghitung densitas dan kecepatan laju alir volumetric pada  $T = 140 \text{ }^\circ\text{C}$

$$T = 140 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$= 413 \text{ K}$$

$$\text{Density} = A \left[ B^{-\left(1 - \frac{T}{T_c}\right)^n} \right]$$

Komponen	BM	Kmol/jam	Kg/jam	$\rho$ (kg/liter)	Volume
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .3 H <sub>2</sub> O	156	1000,758928	156118,39	2490	62,69815
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	159,69	226,8848998	36231,25	5240	6,9143606
TiO <sub>2</sub>	79,9	44,23975049	3534,7561	4230	0,8356397
SiO <sub>2</sub>	60,08	245,1423147	14728,15	2650	5,5577926
H <sub>2</sub> O	18	9482,383165	170682,9	1000	170,6829
NaOH	40	2001,517857	80060,714	2130	37,58719
		13000,92691	461356,16	17740	284,27603

$$\text{Densitas campuran} = \frac{\text{Massa}}{\text{Volume}}$$

$$= 1622,9162 \text{ kg/m}^3$$

Menghitung kecepatan laju alir volumetrik (Fv)

$$Fv = \frac{\text{massa} \left( \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \right)}{\text{densitas} \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)} = 284,276 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Menghitung konsentrasi umpan

1. Konsentrasi  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  ( $C_{A0}$ ) =  $\frac{1000,7589 \text{ kmol/jam}}{284,2760 \text{ m}^3/\text{jam}} = 3,5204 \text{ kmol/m}^3$
2. Konsentrasi NaOH ( $C_{B0}$ ) =  $\frac{2001,5179 \text{ kmol/jam}}{284,2760 \text{ m}^3/\text{jam}} = 7,0408 \text{ kmol/m}^3$

$$M = 2$$

Menghitung konstanta reaksi

Maka didapat nilai k dari :

$$k = 8,27 \times 10^{11} \exp \left( -\frac{91.467,01}{RT} \right) \text{ (L/mol.menit)}$$

(Jurnal Rekayasa Proses, Vol. 3, No. 2, 2009)

dengan konversi sebesar 99% ( Joseph L. Anjier, 1985).

Maka diperoleh nilai k = 2,232  $\text{m}^3/\text{kmol.menit}$

Menurunkan persamaan laju reaksi :

$$-r_A = k \cdot C_A \cdot C_B$$

dimana :

$$C_A = C_{A0}(1 - X_A)$$

$$C_B = C_{B0} - X_A C_{A0}$$

Dengan mensubstitusinya maka diperoleh :

$$-r_A = k C_{A0} (1 - X_A) (C_{B0} - X_A C_{A0})$$

Dengan mengalikannya dengan  $C_{A0}$  maka diperoleh :

$$-r_A = k C_{A0}^2 (1 - X_A) \left( \frac{C_{B0}}{C_{A0}} - X_A \right)$$

$$M = \frac{C_{B0}}{C_{A0}}, \text{ maka didapat}$$

$$-r_A = k C_{A0}^2 (1 - X_A) (M - X_A)$$

$$-r_A = 0,279379449 \text{ kmol/m}^3 \cdot \text{jam}$$

menghitung waktu tinggal :

Persamaan Damkohler Number untuk reaksi orde 2 :

$$Da = \frac{-r_{A0}}{F_{A0}}$$

$$Da = \frac{k \cdot C_{A0}^2 (1 - X_A) (C_{B0} - C_{A0} \cdot X_A) V}{V_0 \cdot C_{A0}}$$

$$Da = \tau \cdot k$$

$$\tau = \frac{V}{v} = \frac{C_{A0} X_A}{r_A}$$

$$\tau = \frac{C_{A0} X_A}{k C_{A0}^2 (1 - X_A) (M - X_A)}$$

$$\tau = \frac{X_A}{k C_{A0} (1 - X_A) (M - X_A)}$$

Sehingga diperoleh waktu tinggal ( $\tau$ ) sebesar : 74,8482 menit = 1,2475 jam

### C. optimasi Reaktor

Algoritma perhitungan optimasi reaktor :

1. Menghitung laju alir total
2. Menentukan konversi dari setiap reaktor yang akan digunakan
3. Menentukan Volume reaktor
4. Menentukan harga dari masing – masing reaktor
5. Menentukan jumlah reaktor yang akan digunakan

Tujuan optimasi reaktor adalah untuk mendapatkan jumlah dan volume optimal ditinjau dari konversi dan harga reaktor.

Penurunan persamaan volume RATB

Persamaan Neraca Massa

$$R_{in} - R_{out} - R_{reactan} = R_{acc}$$

$$Fv \cdot C_{A0} - Fv C_A - (-r_A) \cdot V = 0$$

$$Fv (C_{A0} - C_A) = (-r_A) \cdot V$$

$$V = \frac{Fv(C_{A0} - (C_{A0} - C_{A0}x))}{k C_A C_B}$$

$$V = \frac{Fv C_{A0} \cdot X_A}{k(C_{A0}(1 - X_A)) \cdot (C_{B0} - C_{A0}X_A)}$$

$$M = \frac{C_{Bo}}{C_{Ao}}$$

$$V = \frac{Fv C_{Ao} \cdot X_A}{k(C_{Ao}(1 - X_A)) \cdot C_{Ao}(M - X_A)}$$

$$V = \frac{Fv \cdot X_A}{k(C_{Ao}(1 - X_A)) \cdot C_{Ao}(M - X_A)}$$

Dapat disimpulkan bahwa persamaan volume untuk RATB adalah :

$$V = \frac{Fv \cdot X_A}{k(C_{Ao}(1 - X_A)) \cdot C_{Ao}(M - X_A)}$$

Untuk lebih dari 1 reaktor ; dengan n adalah jumlah reaktor

$$V = \frac{Fv \cdot (X_n - X_{n-1})}{kC_{Ao}(1 - X_n) \cdot C_{Ao}(M - X_n)}$$

1. Jumlah Reaktor = 1

$$V = \frac{Fv \cdot (X_{A1} - X_{A0})}{kC_{Ao}(1 - X_{A1}) \cdot C_{Ao}(M - X_{A1})}$$

Diperoleh :  $X_{A0} = 0,0000$        $t = 44,3548$  menit = 0,73925 jam

$X_{A1} = 0,99$        $V_1 = 210,1501$  m<sup>3</sup>

2. Jumlah Reaktor = 2

$$V = \frac{Fv \cdot (X_{A2} - X_{A1})}{kC_{Ao}(1 - X_{A2}) \cdot C_{Ao}(M - X_{A2})}$$

Diperoleh :  $X_{A0} = 0,0000$        $t = 4,0323$  menit = 0,0672 jam

$X_{A1} = 0,8999$        $V_1 = 19,10476$  m<sup>3</sup>

$X_{A2} = 0,99$        $V_2 = 19,10476$  m<sup>3</sup>

3. Jumlah Reaktor = 3

$$V = \frac{Fv \cdot (X_{A3} - X_{A2})}{kC_{Ao}(1 - X_{A3}) \cdot C_{Ao}(M - X_{A3})}$$

Diperoleh :  $X_{A0} = 0,0000$        $t = 1,6317$  menit = 0,027195 jam

$X_{A1} = 0,7845$        $V_1 = 7,730903$  m<sup>3</sup>

$X_{A2} = 0,9536$        $V_2 = 7,730903$  m<sup>3</sup>

$X_{A3} = 0,99$        $V_3 = 7,730903$  m<sup>3</sup>

4. Jumlah Reaktor = 4

$$V = \frac{Fv \cdot (X_{A3} - X_{A2})}{kC_{Ao}(1 - X_{A3}) \cdot C_{Ao}(M - X_{A3})}$$

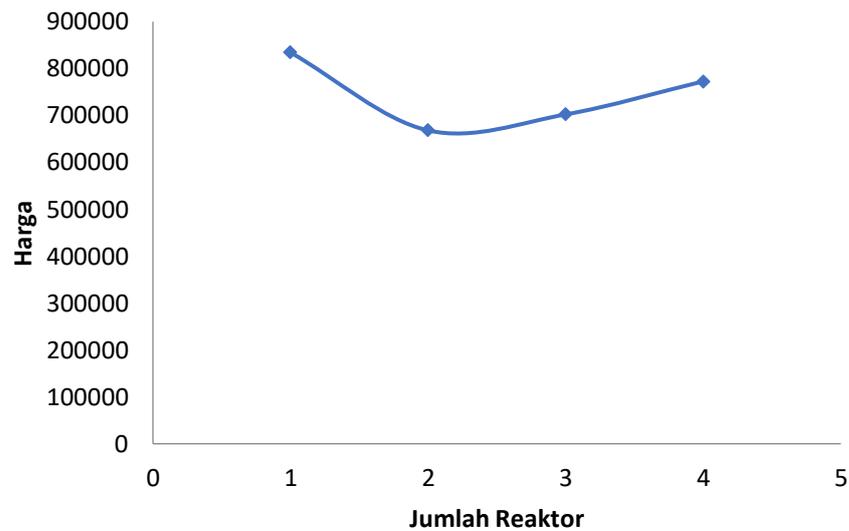
Diperoleh :  $X_{A0} = 0,0000$        $t = 0,969059$  menit = 0,01615 jam  
 $X_{A1} = 0,6837$        $V_1 = 4,591339 \text{ m}^3$   
 $X_{A2} = 0,8998$        $V_2 = 4,591339 \text{ m}^3$   
 $X_{A3} = 0,9684$        $V_3 = 4,591339 \text{ m}^3$   
 $X_{A4} = 0,99$        $V_3 = 4,591339 \text{ m}^3$

N	X1	X2	X3	X4
1	0,99			
2	0,899999585	0,99		
3	0,784529252	0,953581173	0,99	
4	0,683663728	0,899977126	0,968373607	0,99

N	V1	V2	V3	V4
1	55515,76786			
2	5046,942671	5046,942671		
3	2042,287987	2042,287987	2042,287987	
4	1212,903335	1212,903335	1212,903335	1212,903335

Untuk mengetahui jumlah reaktor dilakukan optimasi. Dengan menggunakan harga reaktor yang didapat dari <http://www.matche.com/equipcost/Reactor.html> untuk mempertimbangkan jumlah reaktor dengan harga minimal. Dipilih stainless stell sebagai bahan reaktor.

N	V*1,2 (ov des)	harga	harga total
1	66618,921	834300	834300
2	6056,331	334100	668200
3	2450,746	234100	702300
4	1455,484	193200	772800



Dilihat dari segi ekonomi, jumlah reaktor berpengaruh pada harga reaktor dari hasil optimasi, didapatkan harga paling ekonomis dengan menggunakan 2 buah reaktor.

#### D. Menghitung Dimensi Reaktor

Perancangan reaktor dibuat dengan over design sebesar 20%, sehingga volume reaktor menjadi :

$$\begin{aligned}
 \text{Volume reaktor} &= 1,2 \times \text{volume cairan} \\
 &= 1,2 \times 21639812 \text{ in}^3 \\
 &= 2,6\text{E}+07 \text{ in}^3
 \end{aligned}$$

$$\text{Volume Reaktor} = 425,535 \text{ m}^3 = 15027,6 \text{ ft}^3$$

#### 5. Menghitung diameter dan tinggi reaktor

Reaktor yang digunakan berbentuk silinder tegak

$$\begin{aligned}
 \text{Volume} &= \text{volume silinder} + \text{volume tutup} \\
 &= \text{volume silinder} + 2 \text{ volume head}
 \end{aligned}$$

Tutup berbentuk torispherical *dished head*

Dengan :

$$\text{Volume head} = 0,785 D^3$$

Sehingga :

Dipilih perbandingan D : H = 1 : 1

$$volume = \left(\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times H\right) + [2 \times (0,785) \times (D^3)]$$

$$173.928,278 \text{ in}^3 = \left(\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times H\right) + [2 \times (0,785) \times (D^3)]$$

$$D^3 = 221,565 \text{ in}^3$$

$$D = 60,5109 \text{ in} = 5,04237 \text{ ft} = 1,53692 \text{ m}$$

Maka tinggi reaktor :

$$H = D$$

$$H = 5,04237 \text{ ft} = 1,53692 \text{ m} = 60,5109 \text{ in}$$

#### 6. Menghitung tinggi cairan

$$volume \text{ cairan} = h_{\text{cairan}} \times \frac{\pi D^2}{4}$$

$$354,6257 \text{ m}^3 = h_{\text{cairan}} \times \frac{3,14 \times (8,15339 \text{ m})^2}{4}$$

$$354,6257 \text{ m}^3 = h_{\text{cairan}} \times 52,1850$$

$$h_{\text{cairan}} = 6,7955 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} P \text{ hidrostatik} &= \frac{\rho(H-1)}{144} \\ &= \frac{0,1013 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \times (26,75 \text{ ft} - 1)}{144} \\ &= 0,0181 \text{ psi} \end{aligned}$$

#### 7. Menghitung tebal dinding reaktor

$$t_s = \frac{P \times r_i}{(f \times E) - (0,6 \times P)} + C$$

Persamaan 13.1 (Brownell 1959, Page 254)

Dengan :

Allowable stress (f) = 17.500 psi

Sambungan yang dipilih = double welded but joint

Efisiensi sambungan (E) = 80%

Corrosion allowance (C) = 0,125 in

Jari – jari reaktor (ri) = 160,50616 in

Tekanan (P) = tekanan operasi + tekanan hidrostatik  
= 14,7 psi + 0,01812 psi

$$\begin{aligned}
 &= 17,6617 \text{ psi} \\
 \text{Faktor keamanan 20\%} &= 1,2 \times 17,6617 \text{ psi} \\
 &= 21,19404 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$ts = \frac{17,66 \text{ psi} \times 160,506 \text{ in}}{(17.500 \text{ psi} \times 0,8) - (0,6 \times 17,66 \text{ psi})} + 0,125 \text{ in}$$

$$ts = \frac{2834,5359}{13989,404} + 0,125 \text{ in}$$

$$ts = 0,1632 \text{ in}$$

Berdasarkan tabel 5.6 Brownell & Young, maka dipilih ts standar :

$$Ts = 3/16 \text{ in} = 0,1875 \text{ in}$$

$$\text{ID shell} = 60,51 \text{ in}$$

$$\begin{aligned}
 \text{OD shell} &= \text{ID} + 2ts \\
 &= 60,51 \text{ in} + (2 \times 0,1875 \text{ in}) \\
 &= 60,885 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan tabel 5.7 (Brownell & Young, 1959), untuk OD standar maka diambil OD terdekat yaitu :

$$\text{OD} = 78 \text{ in} = 1,9811 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ID} &= \text{OD} - 2ts \\
 &= 78 \text{ in} - (2 \times 0,1875 \text{ in}) \\
 &= 77,625 \text{ in} = 1,971675 \text{ m}
 \end{aligned}$$

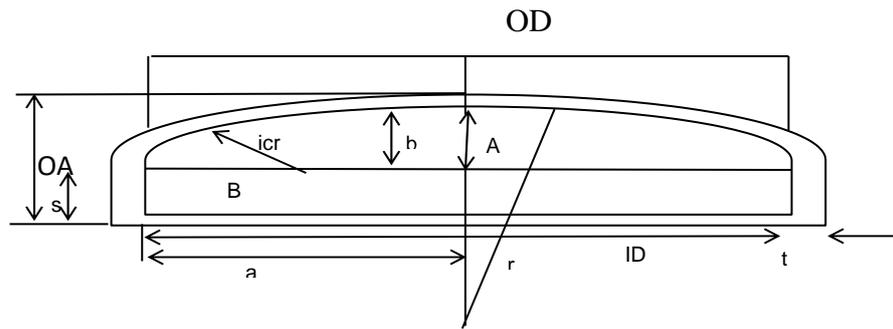
$$\begin{aligned}
 H &= 1 \times D \\
 &= 77,625 \text{ in} = 1,971675 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\text{icr} = 4,6575 \text{ in}$$

$$\text{rc} = 77,625 \text{ in}$$

### E. Menghitung Dimensi Head Reaktor

Dipilih head dengan bentuk Torispherical Flanged & Dished Head, dengan pertimbangan harganya cukup ekonomis dan digunakan untuk tekanan operasi hingga 15 bar.



Keterangan gambar :

ID : diameter dalam *head*

OD : diameter luar *head*

a : jari – jari *head*

t : tebal *head*

r : jari – jari dalam *head*

icr : *inside corner radius*

b : *deep of dish*

sf : *straight of flanged*

OA : tinggi *head*

1. Menghitung tebal *head*

$$th = \frac{0,885 \times P \times r}{f \times E - 0,1 \times P} + C$$

$$th = \frac{0,885 \times 17,6434 \text{ psi} \times 77,625 \text{ in}}{(17.500 \text{ psi} \times 80\%) - (0,1 \times 17,6434 \text{ psi})} + 0,125 \text{ in}$$

$$th = 0,2116 \text{ in}$$

Berdasarkan tabel 5.6 Brownell & Young, dipilih *th* standar :

$$th = \frac{1}{4} \text{ in} = 0,25 \text{ in}$$

2. Menghitung tinggi *head*

Berdasarkan tabel 5.8 (Brownell & Young, hal.93), maka digunakan *sf* :

$$sf = 1,5 \text{ in}$$

$$icr = 0,75 \text{ in}$$

$$ID = 77,625 \text{ in}$$

$$a = \frac{ID}{2} = \frac{77,625}{2} = 38,8125 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} AB &= a - icr \\ &= (38,8125 - 0,75) \text{ in} \\ &= 38,0625 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} BC &= r - icr \\ &= 77,625 \text{ in} - 0,75 \text{ in} \\ &= 76,875 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} AC &= (BC^2 - AB^2)^{1/2} \\ &= (76,875^2 - 38,0625^2)^{1/2} \\ &= 66,7908 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= r - AC \\ &= 77,625 \text{ in} - 66,7908 \text{ in} \\ &= 10,8342 \text{ in} \end{aligned}$$

Tinggi head total :

$$\begin{aligned} OA &= sf + b + th \\ &= 1,5 \text{ in} + 10,8342 \text{ in} + 0,25 \text{ in} \\ &= 12,5842 \text{ in} = 0,3196 \text{ m} = 1,0486 \text{ ft} \end{aligned}$$

Karena tutup atas dan bawah sama maka tutup bawah juga mempunyai tinggi sebesar = 12,5842 in

$$\begin{aligned} \text{Tinggi reaktor total} &= \text{tinggi tutup atas} + \text{tinggi shell} + \text{tinggi tutup bawah} \\ &= 12,5842 \text{ in} + 77,625 \text{ in} + 12,5842 \text{ in} \\ &= 102,7934 \text{ in} = 8,5658 \text{ ft} = 2,6108 \text{ m} \end{aligned}$$

## F. Perancangan Pengaduk

Jenis : *Flat Blade Turbine Impellers* ( pada fig 8-1 Rase, H.F, vol 1).  
 Pertimbangan dipilih jenis pengaduk ini karena turbine memiliki range kecepatan umpan yang besar berkisar 20.000 gall/menit dan pengaduk sesuai untuk larutan yang bereaksi. Berikut merupakan spesifikasi pengaduk dari reaktor :

a) Jumlah baffle : 4

- b)  $D_i$  (Diameter pengaduk) =  $ID/3$  : 8,1533 m
- c)  $Z_i$  (Jarak pengaduk dari dasar reaktor =  $1D_i$ ) : 2,7178 m
- d)  $Z_l$ (Tinggi zona pengadukan) =  $(3,9)*D_i$  : 10,5994 m
- e)  $H$  (tinggi pengaduk) =  $0,2*D_i$  : 0,5436 m
- f)  $L$ (lebar pengaduk) =  $0,25*D_i$  : 0,6794 m
- g)  $w$ (Lebar baffle) =  $0,17D_i$  : 0,4620m
- h)  $WELH = Z_g \times S_g$  : 60,4717 m
- i) Jumlah pengaduk =  $WELH/D_i$  : 7,4167 = 7 buah

1. Menentukan kecepatan putaran

Berdasarkan Rase, H.F., dan J.R., Holmes, “*Chemical Reactor Design for Process Plants*”, Willey and Son, New York (1977), vol.1., halaman 366. Dipilih kecepatan linier putar berkisar antara 600ft/menit sampai 900 ft/menit.

Dipilih :  $V = 600 \text{ ft/menit} = 182,88 \text{ m/menit}$

$$N = \frac{600 \sqrt{WELH}}{\pi \times D_i \times 2D_i}$$

$$N = 71,47803 \text{ rpm}$$

Didapatkan nilai kecepatan putaran (N) sebesar 71,47803 rpm. Digunakan kecepatan putaran standar 73 rpm (Tabel 8.9 Rase, 1977 hal 366). Digunakan motor *fixed-speed belt (single reduction gear with V- belts)*. Keuntungan menggunakan motor jenis ini adalah harganya yang murah dan mudah dalam mengganti bagian-bagian yang rusak. (Tabel.8.9,Rase,1977).

2. Menentukan power motor

$$Re = \frac{\rho \times N \times D_i^2}{\mu}$$

$$P = \left( \frac{N^3 \times D_i^5 \times \rho \times \phi}{550 \times gc} \right)$$

Dimana :

$D_i$  = diameter pengaduk

$N$  = kecepatan putaran

$\rho$  = densitas fluida yang diaduk

$\mu$  = viskositas fluida yang diaduk

$g_c$  = percepatan gravitasi

Dengan rumus di atas di dapatkan nilai daya penggerak motor (P) = 269,13 HP. Dari standar NEMA, p.358, Project Engineering Process Plant di pakai motor dengan daya 300 HP.

### G. Merancang Pendingin Reaktor

T in (air) = 30 °C = 303 K

T out (air) = 45 °C = 318 K

T reaksi = 140 °C = 413 K

Komponen	A	B	C	D
H2O	92,053	-4,00E-02	-2,11E-04	5,35E-07

$C_p$  air = 4,186 kJ/ kg C

$\mu$  air = 1,691 lb/ft jam = 3,5413 lg/ft jam = 0,7 cp

$\rho$  air = 997 kg/m<sup>3</sup>

$K$  = 0,3599 Btu/ft jam°F (Perry, ed 7 , halaman 2.96)

Massa air pendingin yang diperlukan :

$$m = \frac{Q}{c_p \text{ air}(t_2-t_1)}$$

$C_p$  air = kapasitas panas air (kJ/kg C)

$Q$  = beban panas total (Kj/jam)

$T_1$  = suhu air pendingin masuk (C)

$T_2$  = suhu air pendingin keluar (C)

$m$  air = 4805,9333 kg/jam

Beban suhu rata-rata ( $\Delta T_{LMTD}$ )

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln\left(\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}\right)}$$

Suhu	Fluida panas(F)	Fluida dingin (F)	$\Delta t$	
Suhu atas	284	212	72	$\Delta t_1$
Suhu bawah	284	86	198	$\Delta t_2$

$\Delta T_{LMTD}$  sebesar 124,6 °F

1. Menentukan luas transfer panas dan luas selimut reaktor

Luas transfer panas :  $Q/U_D \times \Delta T_{LMTD}$

Luas selimut reaktor :  $\pi \times D \times L$

D reaktor : 1,5369 m

t reaktor : 2,611 m

Dari Tabel. 8 Kern didapatkan *overall heat transfer*  $U_D$  dengan *hot fluid* adalah *aqueous solution* dan *cold fluid water* dengan  $U_D = 250-500$  Btu/j.ft<sup>2</sup>.F.

$U_D$  : 250 Btu/j.ft<sup>2</sup>.F

Q air pendingin :  $2,50587 \times 10^{16}$

$\Delta T_{LMTD}$  : 124,6 °F

Maka, luas transfer panas

$$= \frac{Q}{U_D \times \Delta T_{LMTD}}$$
$$= 7,6274 \times 10^{11} \text{ ft}^2$$

Luas selimut reaktor

$$= \pi \times D \times L$$
$$= 3,14 \times 1,53692 \text{ m} \times 2,6109 \text{ m}$$
$$= 66,84 \text{ m}^2$$
$$= 719,51 \text{ ft}^2$$

Karena luas transfer panas > luas selimut reaktor maka dipilih jaket pendingin.

2. Perancangan jaket pendingin

a) Menghitung kecepatan volumetrik

Kecepatan alir volumetrik dapat dihitung dengan rumus membagi kebutuhan air pendingin dengan masa jenis air.

Kebutuhan air pendingin : 2047246,655 kg/jam

Massa jenis air : 1000 kg/m<sup>3</sup>

Dengan mengetahui besarnya kebutuhan air pendingin dan masa jenis air, maka dapat dihitung pula besarnya nilai kecepatan volumetrik yakni sebesar 2047,2467 m<sup>3</sup>/jam.

b) Menghitung diameter luar jaket (D2)

Asumsi jarak jaket = 5 in = 0,1270 m

Diameter jaket (D1) = diameter tangki + (2 × tebal dinding)

$$= 1,5464 \text{ m}$$

c) Menghitung tinggi jaket (Hj)

Tinggi jaket dirancang 1,2 dari tinggi jaket

$$\begin{aligned} \text{Tinggi jaket (Hj)} &= 1,2 \times \text{tinggi cairan} \\ &= 0,9335 \text{ m} \end{aligned}$$

d) Luas yang dilalui air pendingin (A)

$$\begin{aligned} A &= \frac{\pi}{4(D_2^2 - D_1^2)} \\ &= 0,6673 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

e) Kecepatan air pendingin (v)

$$\begin{aligned} v &= \frac{V}{A} \\ &= 3067,7972 \text{ m/jam} \end{aligned}$$

f) Tebal dinding jaket (tj)

$$tj = \frac{P \cdot rj}{f \cdot E + 0,6 \cdot P}$$

Dengan data :

Allowable stress (f) = 17.500 psia

Sambungan yang dipilih = *double welded butt joint* Efisiensi

sambungan (E) = 80%

*Corrosion allowance* (C) = 1/8 in

Jari-jari jaket (rj) = Dj/2 = 0,9002 m

P desain = 17,6434 psi

tj = 0,1696 in

Dipilih tebal jaket standar ¼ in.

3. Merancang isolator reaktor

Dari fig. 11.42 Perry, 1999 untuk range suhu 0°F- 300°F digunakan isolasi *polyisocyanurate*.

Pertimbangan lain digunakannya isolasi *polyisocyanurate* :

a) Bahan ini dapat digunakan untuk *range* suhu 0° - 900° F.

b) *Thermal conductivity* relatif tetap pada suhu 0° - 900° F.

c) Mudah didapat.

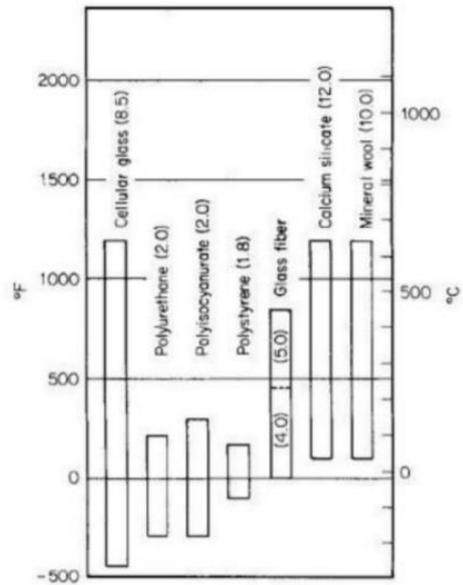


FIG. 11-68 Insulating materials and applicable temperature ranges.

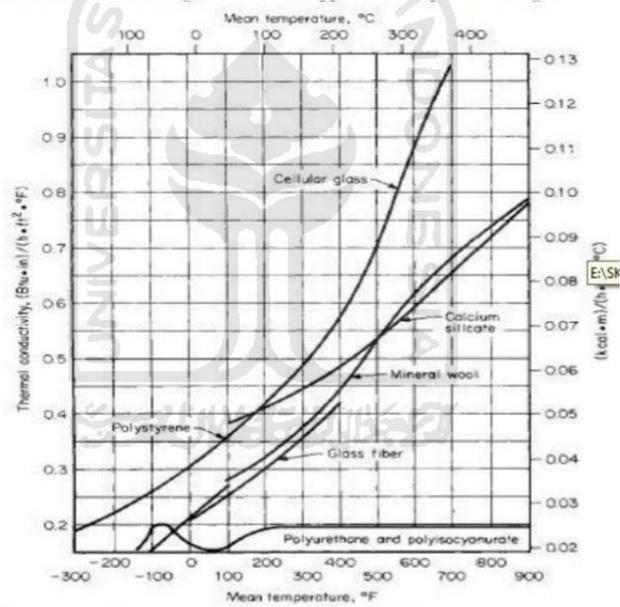


FIG. 11-65 Thermal conductivity of insulating materials.

Untuk menjaga keamanan lingkungan, dinding luar reaktor di isolasi.

Dirancang :

Suhu udara,  $T_u$  =  $30\text{ }^\circ\text{C} = 86\text{ }^\circ\text{F}$

Suhu dingin luar isolator,  $T_i$  =  $100\text{ }^\circ\text{C} = 212\text{ }^\circ\text{F}$

Pemilihan bahan isolator berdasarkan pada suhu operasi reactor (R-01) Dengan,

$T's$  = suhu permukaan dalam selongsong ( $^{\circ}F$ )

$Ts'$  = suhu permukaan luar selongsong ( $^{\circ}F$ )

$Ti$  = suhu dinding luar isolator ( $^{\circ}F$ )

$Tu$  =suhu dinding udara lingkungan ( $^{\circ}F$ )

$Xs$  = tebal dinding selongsong (in)

$Xi$  = Tebal dinding isolator (in)

Asumsi :

a) Perpindahan kalor terjadi dalam keadaan tunak.

b) Perpindahan kalor terjadi :

- Perpindahan kalor secara konduksi dari dinding dalam selongsong ke dinding luar selongsong.
- Perpindahan kalor secara konduksi dari dinding dalam selongsong ke dinding luar isolator.
- Perpindahan kalor secara konveksi dari permukaan isolator ke udara lingkungan

Tebal isolator dicari menggunakan persamaan :

a) Koefisien perpindahan panas

$$\text{konveksi (hc) } hc = \frac{0.19}{(\Delta t)^{1/3}}$$

$$= 0,76 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{j} \cdot ^{\circ}F$$

b) Perpindahan panas konveksi (qc)

$$q_{\text{konveksi}} = hc \cdot \pi \cdot (OD + (2 \cdot X_{\text{isolasi}})) \cdot L \cdot \Delta$$

$$8055,87 = hc \cdot \pi \cdot OD \cdot L \cdot \Delta t$$

$$3176,27 = hc \cdot \pi \cdot 2 \cdot L \cdot \Delta t$$

$$q_{\text{konveksi}} = 8055,87 + 3176,27 \cdot X_{\text{isolasi}} \dots \dots \dots (1)$$

c) Perpindahan panas konduksi melalui dinding reactor dan isolasi

$$q_k = \frac{2\pi(T_1 - ts)}{\frac{1}{kL} \ln\left(\frac{OD}{ID}\right) + \frac{1}{k_B L} \ln\left(\frac{OD + 2X_{is}}{OD}\right)} \dots\dots\dots(2)$$

Dinding reaktor berupa *Stainless Steel*, dari table 3 Kern, diperoleh  $k = 26 \text{ Btu/j.ft.F}$ .

Perpindahan panas konduksi sama dengan perpindahan panas konveksi, sehingga dapat dituliskan persamaan (1) sama dengan persamaan (2). Dari kedua persamaan tersebut didapatkan nilai  $X$  isolasi,  $q$  konveksi, dan  $q$  konduksi. Dengan *trial 'n error* didapatkan hasil sebagai berikut:

$$\begin{aligned} X_{\text{isolasi}} &= 4,22 \times 10^{-2} \text{ ft} = 1,29 \text{ cm} \\ q_{\text{konduksi}} &= 8190 \text{ Btu/jam} \\ q_{\text{konveksi}} &= 8190 \text{ Btu/jam} \end{aligned}$$

Sehingga tebal isolasi agar dinding isolasi  $50^\circ\text{C} = 1,29 \text{ cm}$   
Panas yang hilang setelah diisolasi = 8189,78 Btu/jam

d) Persentase Panas yang hilang setelah diisolasi

- $q_{\text{konveksi}} = hc \cdot \pi \cdot OD \cdot L \cdot \Delta T$   
 $= 8055,87 \text{ Btu/jam}$

Sehingga didapatkan panas yang hilang sebelum dinding reaktor diisolasi = 8055,87 Btu/jam

- Persentase panas yang hilang setelah diisolasi

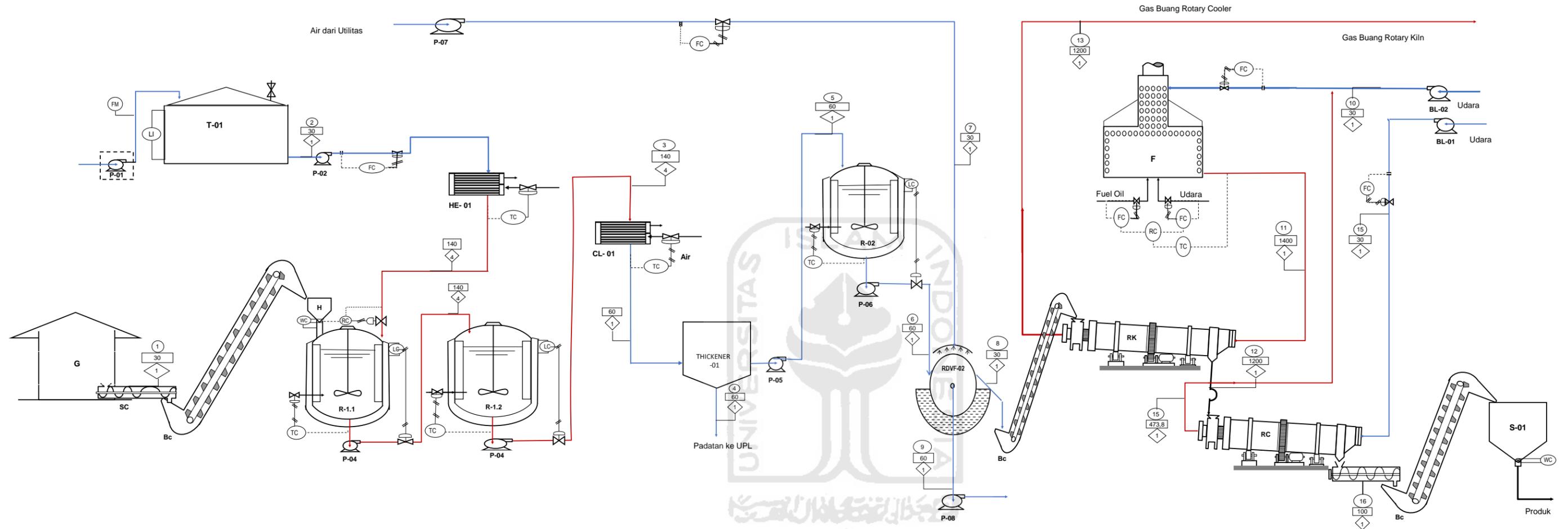
$$\begin{aligned} \% \text{ setelah diisolasi} &= \frac{q_{\text{konveksi setelah diisolasi}}}{q_{\text{konveksi sebelum diisolasi}}} \times 100 \% = \\ &101,66 \% \end{aligned}$$



# LAMPIRAN B

# PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM

## PRA RANCANGAN PABRIK ALUMINIUM OKSIDA DARI BAUKSIT DAN LARUTAN NaOH DENGAN KAPASITAS PRODUKSI : 760.000 TON/TAHUN



NERACA MASSA (Kg/Jam)

NO	KOMPONEN	Arus (Kg/Jam)																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·3H <sub>2</sub> O	156086.86		156.08686	155.931	0.15609	308743.0878		308.434	308.7430878								308.434
2	SiO <sub>2</sub>	14725.176		14725.1755	14710.5	14.7252	14.72517551			14.72517551								
3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	36223.932		36223.9318	36187.7	36.2239	36.22393177			36.22393177								
4	TiO <sub>2</sub>	3534.0421		3534.04212	3530.51	3.53404	3.534042124			3.534042124								
5	H <sub>2</sub> O	83933.5	86714.9225	242616.472	2872.87	239744	97246.86102	51797.92835	16233.4	158409.7531				122892.3555				
6	NaOH		80044.5438	80.0445438		80.0445	158409.7531			3278.54447								
7	NaAlO <sub>2</sub>			163927.224		163927	3278.54447			132811.4028								
8	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>																	201467
9	Udara																	201467
	Jumlah :	294503.51	166759.4663	461262.9766	57457.5	403806	567732.7296	51797.92835	324668	294862.9266	39413.6	39413.6	201775	122892.3555	29441.14	29441.1	29441.1	201775

KETERANGAN			
BC	Belt Conveyor	WC	Weight Controller
BL	Blower	FG	Flow Controller
F	Furnace	LC	Level Controller
TH	Thickener	LI	Level Indicator
G	Gudang	PC	Pressure Controller
H	Hopper	TC	Temperature Controller
HE	Heater	FM	Flow Meter
P	Pompa	RC	Rasio Controller
R	Reaktor		
S	Silo		
RC	Rotary Cooler	○	Nomor Arus
RDVF	Rotary Drum Vakum Filter	□	Temperatur (oC)
RK	Rotary Kiln	◇	Tekanan (Atm)
SC	Screw Conveyor		
T	Tangki		

	<b>JURUSAN TEKNIK KIMIA</b> <b>FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI</b> <b>UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA</b>
	PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM PRA RANCANGAN PABRIK ALUMINIUM OKSIDA DARI BAUKSIT DAN LARUTAN NATRIUM OKSIDA DENGAN KAPASITAS 760.000 TON/TAHUN
Disusun Oleh : 1 Rahma Deni Viona Gite (16521068) 2 M. Yusuf Qifari (16521022)	
Dosen Pembimbing : 1 Dulmalik, Ir., M.M. 2 Lucky Wahyu N. S., S.T., M.Eng.	

## KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRA RANCANGAN PABRIK

Nama Mahasiswa 1 : Rahma Deni Viona Gite  
No. Mahasiswa 1 : 16521068  
Nama Mahasiswa 2 : M. Yusuf Qifari  
No. Mahasiswa 2 : 16521022  
Judul Pra rancangan Pabrik : Pra Rancangan Pabrik *Aluminium Oksida* dari  
*Bauksit* dan Larutan *Natrium Hidroksida* dengan Kapasitas  
760.000 ton/tahun  
Mulai Masa Bimbingan : 27 April 2020  
Selesai Masa Bimbingan : 24 Oktober 2020

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	18 Juni 2020	Penentuan judul Pra Rancangan Pabrik	
2	24 Oktober 2020	Pemaparan Progres Pengerjaan Tugas Akhir	
3	28 Oktober 2020	Naskah Laporan Tugas Akhir	

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, 24 Oktober 2020

Pembimbing,



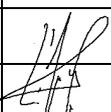
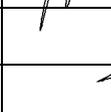
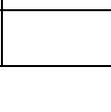
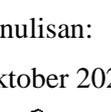
**(Dulmalik, Ir., M.M.)**

### Catatan:

- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan Pra Rancangan Pabrik
- Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy

## KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRA RANCANGAN PABRIK

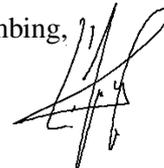
Nama Mahasiswa 1 : Rahma Deni Viona Gite  
No. Mahasiswa 1 : 16521068  
Nama Mahasiswa 2 : M. Yusuf Qifari  
No. Mahasiswa 2 : 16521022  
Judul Pra rancangan Pabrik : Pra Rancangan Pabrik *Aluminium Oksida* dari  
*Bauksit* dan Larutan *Natrium Hidroksida* dengan Kapasitas  
760.000 ton/tahun  
Mulai Masa Bimbingan : 27 April 2020  
Selesai Masa Bimbingan : 24 Oktober 2020

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	19 Maret 2020	Konsultasi judul Pra Rancangan	
2	16 April 2020	Membahas grafik impor dan perkiraan impor	
3	11 Juni 2020	Koreksi bab 1 dan bab 2	
4	29 Juni 2020	Penentuan kapasitas Pra Rancangan Pabrik	
5	4 Agustus 2020	Perhitungan Neraca Massa Reaktor	
6	9 Oktober 2020	Perhitungan Spesifikasi Alat	
7	28 Oktober 2020	Naskah Laporan Tugas Akhir	

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, 24 Oktober 2020

Pembimbing,



**(Lucky Wahyu N. S., S.T., M.Eng.)**

### Catatan:

- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan Pra Rancangan Pabrik
- Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy